

УДК 541

## ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЭЛЕКТРЕТНЫЕ СВОЙСТВА В КОМПОЗИЦИЯХ ПОЛИПРОПИЛЕН/НАНОГЛИН ТИПА $Na^+$ МОНТМОРИЛЛОНИТ

<sup>1</sup>МАМЕДОВА РАСМИЯ ЛЯТИФ КЫЗЫ<sup>2</sup>КУРБАНОВА СИМА АЙЮБ КЫЗЫ<sup>1</sup>МАМЕДОВ ФУАД АЗИЗ ОГЛЫ

Сумгаитский государственный университет: 1-доцент, 2-ассистент

АХМЕДОВА АРЗУ МУСА КЫЗЫ

Азербайджанский государственный экономический университет, доцент

[Rasmiyya2011@mail.ru](mailto:Rasmiyya2011@mail.ru)

**Ключевые слова:** полипропилен, наноглин, композитные материалы, электретные свойства.

*В работе исследованы электретные свойства и процесс поляризации нанокompозитов на основе полипропилена (ПП) и наноглин типа  $Na^+$  монтмориллонита. Зная величины компенсационного напряжения электрета, найденного из эксперимента, по известной формуле вычислены значения поверхностных плотности зарядов  $\sigma$ , накопленных на поверхности электретов при электротермополяризации. В связи с тем, что полиолефины, содержащие добавки наноглин, обладают электретными свойствами, они представляют научный и практический интерес.*

**Введение.** Получение полимерных материалов, обладающих комплексом улучшенных или новых свойств, является одним из перспективных направлений в науке о полимерах и материаловедении. К ним относятся новейшие типы функциональных материалов, называемых нанокompозитами, которые могут быть использованы в самых разнообразных отраслях применения полимерных материалов. Рост интереса к электретам связан с бурным развитием физики и химии. Практически все применяемые на практике электреты изготавливаются из полимерных диэлектриков. Электреты – это аморфные и поликристаллические диэлектрики, длительно сохраняющие поляризованное состояние после снятия внешнего электрического поля, вызвавшего поляризацию диэлектрика, и создающие электрическое поля в окружающем пространстве. Из этого определения следует, что электрет является заполяризованным диэлектриком, точно так же, например, как и поляризованная пьезокерамика [1]. Для получения электретов диэлектрик, помещенный в электрическое поле, подвергают определенному внешнему воздействию, которое способствует процессу миграции заряженных частиц. Такими воздействиями могут быть нагревание, освещение, магнитное поле, механическое напряжение, радиоактивное облучение и др. Электреты являются электрическим аналогом постоянных магнитов. В настоящее время они находят широкое применение в технике. Диапазон их использования простирается от бытовой техники до техники специального назначения. Поэтому, практическая потребность получения электретов с заданными свойствами стимулирует расширение физических исследований, лежащих в основе так называемого электретного состояния диэлектриков [2].

Известно, что носители заряда в процессе поляризации накапливаются преимущественно на границах раздела фаз и на неоднородностях. Накопление носителей заряда на границе раздела фаз меняет межфазные взаимодействия, а это может привести к

изменению электрических, прочностных и других свойств композиции [3]. Отсутствие единого мнения о влиянии накопленного заряда в процессе поляризации на прочностные свойства вызывает повышенный интерес к изучению влияния на эти свойства процесса поляризации, который в свою очередь создает электретное состояние композиции на основе ПП и наноглин типа  $\text{Na}^+$ монтмориллонит. Показано, что нано композит состава ПП+2,0 об.% $\text{Na}^+$ монтмориллонит обладают оптимальными термоэлектретными характеристиками [4]. Физико-химические свойства наполненных полимеров определяются некоторыми факторами: размером, формой, текстурированием частиц наполнителя и их взаимным расположением в матрице степенью наполнения, взаимодействием между наполнителем и связующим, характеристиками полимерной матрицы. Размер частиц традиционно используемых наполнителей варьируется от нескольких единиц до сотен микрометров. В последние 10-15 лет стали широко применять наполнители, размер которых хотя бы в одном направлении лежит в нанометровом диапазоне. Нанокompозиты обладают рядом преимуществ по сравнению с микрокомпозитами. Одним из перспективных наполнителей для полимерных нанокompозитов являются различные виды слоистых глинистых минералов. Они широко распространены в природе и имеют небольшую стоимость.

**Экспериментальные результаты и их обсуждение.** Были изготовлены смеси порошков ПП и наноглин $\text{Na}^+$  монтмориллонита в разных соотношениях компонентов, а затем из этих смесей методом горячего прессования при температуре плавления полимерной матрицы под давлением 15 МПа в течение 10 минут были изготовлены нанокompозиты ПП/наноглин $\text{Na}^+$  монтмориллонита в виде пленки, с дальнейшим охлаждением. Образцы были получены в разных температурно-временных режимах кристаллизации, а именно, медленном охлаждении (МО), когда образцы охлаждаются до комнатной температуры со скоростью 2 град/мин и быстром охлаждении (БО) в смеси лед-вода со скоростью 30 град/мин. Нами были исследованы БО образцы.

Также следует отметить, что в нанокompозите ПП/  $\text{Na}^+$ монтмориллонит добавка была введена до 40% объемного содержания. Другими словами, добавка монтмориллонит  $\text{Na}^+$  играет роль наполнителя. Затем индукционным методом было определено компенсационное напряжение  $U_k$  электретного состояния нанокompозитных пленок ПП/ $\text{Na}^+$ монтмориллонит, имеющих разные соотношения компонентов.

На рис.1 представлены зависимости поверхностной плотности зарядов  $\sigma$  от времени выдержки  $\tau$  для нанокompозитов ПП/монтмориллонит  $\text{Na}^+$ , имеющих разные соотношения компонентов

На рис.2 приведены кривые ТСД композиций ПП/ $\text{Na}^+$  монтмориллонит, при различных объемных содержаниях  $\text{Na}^+$  монтмориллонит. Образцы в виде плёнок толщиной 150-160 мкм поляризовались при  $E_n = 5 \cdot 10^6$  В /м и  $T_n = 393\text{K}$  в течение 1 часа. Видно, что в зависимости от от содержания наполнителя площадь под кривых тока ТСД, из которой вычислялось количество зарядов, уменьшается. Видно, что зависимость величины тока ТСД от об.%  $\text{Na}^+$  монтмориллонит в композициях характеризуются кривой с экстремумом при высоких температурах  $T=420-430\text{K}$  (кр.1).

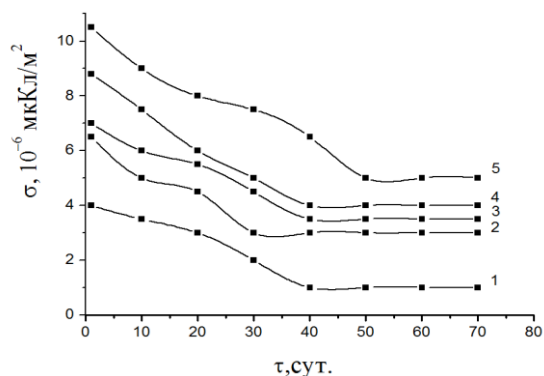


Рис.1. Зависимости поверхностной плотности зарядов электретов от времени их выдержки:

1.  $\text{Na}^+$  монтмориллонит—10%;
2.  $\text{Na}^+$  монтмориллонит—0%;
3.  $\text{Na}^+$  монтмориллонит—30%;
4.  $\text{Na}^+$  монтмориллонит—40%;
5.  $\text{Na}^+$  монтмориллонит—20%.

С увеличением содержания монтмориллонита из-за агломераций частиц наполнителя значения тока ТСД понижается. Известно [5], что поверхностная плотность зарядов накопленных на поверхность электрета при ЭТП определяется по формуле  $\sigma = \frac{\epsilon_0 \epsilon U_k}{d}$  где  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Кл<sup>2</sup>/ Н·м<sup>2</sup>,  $\epsilon = 2,2$ ,  $U_k$  - компенсационное напряжение,  $d$  - толщина нанокompозитной пленки.

Были вычислены по вышеприведенной формуле значения поверхностной плотности зарядов  $\sigma$  для нанокompозитов, имеющих разные соотношения компонентов и выдержанных в течение различных времен.

Полученные результаты показывают, что существует определенная взаимосвязь между величиной объемных зарядов и значениями содержания наполнителя и  $\sigma$ . Эти результаты показывают, что существует определенная взаимосвязь между величиной объемных зарядов и значениями  $E_{np}$  и  $\sigma$ . Плотность стабилизированных зарядов в композициях в зависимости от концентрации наноглин и условий поляризации изменяется и позволяет выбирать оптимальный режим, где значения  $E_{np}$  является наибольшим.

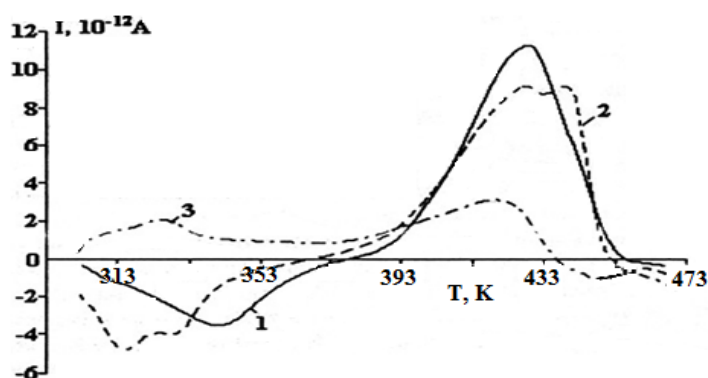


Рис. 2. Кривые ТСД, снятые для композиций ПП+ $\text{Na}^+$  монтмориллонит, при различных объемных содержаниях  $\text{Na}^+$  монтмориллонит, предварительно подвергнутой электротермополяризации при  $E_n = 5 \cdot 10^6$  В/м и  $T_n = 393$  К в течение часа: 1 - ПП/ $\text{Na}^+$  монтмориллонит (96:4); 2 - ПП/ $\text{Na}^+$  монтмориллонит (90:10); 3 - ПП/ $\text{Na}^+$  монтмориллонит (80:20) об. %

Эти заряды, накопленные в процессе поляризации, могут создавать сильное внутреннее поле с напряженностью  $10^8$  В/м, рассчитываемое как  $E_k = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_k}$ , и тем самым усиливать изменения межфазных взаимодействий между компонентами нанокompозитии.

Известно, что носители заряда в процессе поляризации накапливаются на границе раздела фаз и неоднородностях. Часть из них захватывается ловушками – электрически активными дефектами материала, способными захватывать и

удерживать носитель заряда. Накопление носителей заряда на границе раздела фаз меняет межфазные взаимодействия, а это может привести к изменению прочностных свойств композиции. Отсутствие единого мнения о роли накопленного заряда в процессе поляризации на прочностные свойства вызывает повышенный интерес к изучению влияния на эти свойства процесса поляризации, который, в свою очередь, создает электретное состояние композиции [6].

**3. Заключение.** Таким образом, полученные экспериментальные результаты показывают, что добавка наногеля  $\text{Na}^+$  монтмориллонит в полимер полипропилена увеличивает концентрации центров локализации электрических зарядов, т.е. на границе раздела полимера и наногеля образуются межфазные прослойки, которые могут играть ловушки для зарядов, в результате чего могут увеличиваться плотность и стабильность электретных зарядов. Изменения межфазных взаимодействия и толщины приграничного слоя могут повлиять на прочностные свойства нанокompозитии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гороховатский Ю.А. Соросовский Образовательный журнал, №8, 1997, с.92.
2. Луцкейкин Г.А. Полимерные электреты. М.: Химия, 1984. 184 с.
3. Магеррамов А.М., Нуриев М.А., Шукюрова А.А. Нанокompозиты на основе одноосноориентированных полимеров. Труды I Межд. конф. «Нанотехнологии, применение в технике», Баку: АзТУ, 2010, с. 98-101.
4. Хадиева А.А. Влияние структуры композитов полипропилен +  $D_{kl}$  наноглина на их прочностные и электрофизические свойства / Автореф. диссер. ...по физике, Баку: БГУ, 2015, 21с.
5. Рамазанов М.А., Ибрагимова Х.С., Абасов С.А., Гасанов А.М. Влияние предварительной электрообработки на зарядовое состояние и прочностные свойства композиции на основе полиэтилена и пьезокерамик, // Журнал Электронная обработка материалов, №4. 2005, с.57-62.
6. Губкин А.Н. Электреты. М.: Наука, 1978, 192 с.

## XÜLASƏ

### **POLİPROPİLEN/Na<sup>+</sup> MONTMORİLLONİT TIPLİ NANOGİL ƏSASLI KOMPOZİTLƏRDƏ POLYARLAŞMA PROSESLƏRİ VƏ ELEKTRET XASSƏLƏRİ** *Məmmədova R.L., Qurbanova S.A., Məmmədov F.Ə., Əhmədova A.M.*

*Açar sözlər:* polipropilen, nanogil, kompozit materialları, elektret xassələri.

İşdə polipropilen (PP) və Na<sup>+</sup> montmorillonit (MMT) nanogili əsasında alınmış nanokompozitlərin elektret xassələri və polyarlaşma prosesi tədqiq olunmuşdur. Elektretin eksperimentdən tapılmış kompensasiya gərginliyinin qiymətini bilərək məlum düsturla (mətnə bax) elektrotermopolyarizasiya (ETP) zamanı elektretin səthində yığılmış yüklərin  $\sigma$  səthi sıxlığının qiymətləri hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, PP/ Na<sup>+</sup> montmorillonit tipli kompozit nümunələri üçün,  $\tau$  saxlanma müddətinin verilmiş qiymətində yığılmış yüklərin  $\sigma$  miqdarının nanogilin miqdarından asılı olaraq dəyişməsi mürəkkəb xarakter daşıyır.

## SUMMARY

### **ELECTRET PROPERTIES AND POLARIZATION PROCESSES IN POLYPROPYLENE/ Na<sup>+</sup> MONTMORILLONITE TYPE NANOCCLAY BASED COMPOSITES** *Mammadova R.L., Gurbanova S.A., Mammadov F.A., Ahmadova A.M.*

*Key words:* polypropylene, nanoclay, composite materials, electret properties.

This paper deals with the electret properties and polarization process of nanocomposites on the base of polypropylene (PP) and nanoclay typed Na<sup>+</sup>montmorillonite. Evaluation of surface density of charges on the surface of the electrets during electrothermopolarization has been calculated by formula knowing the value of compensation tension found in experiment of electret.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	04.07.2017
	Son variant	26.12.2017

УДК 539.374

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЛН В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ, НАСЫЩЕННЫХ ЖИДКОСТЬЮ

БАБАДЖАНОВА ВУСАЛЯ ГАМЗА КЫЗЫ

Сумгаитский государственный университет, доцент

[vusala11@gmail.com](mailto:vusala11@gmail.com)

**Ключевые слова:** интегральное преобразование Лапласа, осесимметричные колебания, термовязкоупругость, деформирование, динамические волны

Уравнения движения пористых сред, насыщенных жидкостью, в случае  $\beta = const$ , имеют вид [1,2]:

$$\begin{aligned} N\Delta^2\bar{u}_1 + grad[(A+N)e + Q\varepsilon] &= \frac{\partial^2}{\partial t^2}(\rho_{11}\bar{u}_1 + \rho_{12}\bar{u}_2) + b\frac{\partial}{\partial t}(\bar{u}_2 - \bar{u}_1) \\ grad[Qe + R\varepsilon] &= \frac{\partial^2}{\partial t^2}(\rho_{11}\bar{u}_1 + \rho_{22}\bar{u}_2) + b\frac{\partial}{\partial t}(\bar{u}_2 - \bar{u}_1), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\bar{u}_1$  и  $\bar{u}_2$  вектор смещения скелета и жидкости;  $e$  и  $\varepsilon$  - объемные деформации скелета и жидкости;  $N, A, a$  и  $R$ -коэффициенты М.А.Био;  $\rho_{11}, \rho_{12}$  и  $\rho_{22}$ -приведенные плотности, удовлетворяющие соотношениям

$$\rho^T = \rho_{11} + \rho_{12} = (1 - \beta)\rho_T, \quad \rho^{жс} = \rho_{22} + \rho_{12} = \beta\rho_{жс},$$

здесь  $\rho_{жс}$  и  $\rho_T$  - плотности жидких и твердых компонент;  $\rho^T$  и  $\rho^{жс}$  - соответствующие плотности в агрегатном состоянии.

При отсутствии диссипации  $b = 0$  уравнение (1) примет более простой вид. Отсюда следует, что скорости волны не зависят от частоты  $\omega$ , т.е. не испытывают дисперсию. Тогда систему уравнения (1) можно расщепить на три волновые уравнения [3,4]:

$$\Delta\varphi_j = c_j^{-2}\varphi_{jj}, \quad \Delta\psi_1 = c_3^{-2}\psi_{11}, \quad j = 1, 2 \quad (2)$$

Здесь введены следующие обозначения:

$$\bar{u}_i = grad\Phi_i + rot\psi_i; \quad \Phi_1 = \varphi_1 + \varphi_2, \quad \Phi_2 = \beta_1\varphi_1 + \beta_2\varphi_2, \quad \psi_1 = \eta_0\psi_2$$

Для выяснения построенных моделей в прямоугольной системе координат рассмотрим распространение нестационарных поверхностных волн в упруго-пористой среде насыщенной жидкостью. Предположим что, начало координатной системы лежит на границе полуплоскости, а ось  $OZ$  направлена в глубь среды.

Тангенциальное перемещение скелета и жидкости обозначим через  $u^c$  и  $u^{ж}$ , нормальное перемещение скелета и жидкости обозначим через  $w^c$  и  $w^{ж}$  соответственно [5,6]. В порах эти величины определяются следующими формулами

$$\begin{aligned} u^c &= \frac{\partial(\varphi_1 + \varphi_2)}{\partial x} - \frac{\partial\psi}{\partial z}; \quad w^c = \frac{\partial(\varphi_1 + \varphi_2)}{\partial z} + \frac{\partial\psi}{\partial x}; \\ u^{ж} &= \frac{\partial(\beta_1\varphi_1 + \beta_2\varphi_2)}{\partial x} - \frac{\beta_3\partial\psi}{\partial z}; \quad w^{ж} = \frac{\partial(\beta_1\varphi_1 + \beta_2\varphi_2)}{\partial z} + \frac{\beta_3\partial\psi}{\partial x}; \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\varphi_j(x, z, t)$  – скалярные потенциалы ( $j = 1, 2$ ), а  $\psi(x, z, t)$  – векторный потенциал перемещений. Напряжения  $\sigma_{ij}$  в скелете и напряжение  $\sigma$  в жидкости через деформации выражаются формулами:

$$\begin{aligned} \sigma_{11} = 2\eta_1 e_{11} + \sigma_{22}; \quad \sigma_{13} = 2\eta_1 e_{13}; \quad \sigma_{12} = \sigma_{23} = 0; \quad \sigma_{22} = \eta_2 \varepsilon + \eta_3 \varepsilon \\ \sigma_{33} = 2\eta_1 e_{33} + \sigma_{22}; \quad \sigma = \eta_3 \varepsilon + \eta_4 \varepsilon, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $e_{ij}$  – компоненты деформации в скелете;  $\varepsilon_{ij}$  – деформации в жидкости;  $\eta_k$  – постоянные ( $k = 1, 2, 3, 4$ ).

Компоненты деформации в скелете и в жидкости определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} e_{11} = \frac{\partial u^c}{\partial x}; \quad e_{13} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u^c}{\partial z} + \frac{\partial w^c}{\partial x} \right); \quad e_{33} = \frac{\partial w^c}{\partial z} \\ \varepsilon_{11} = \frac{\partial u^*}{\partial x}; \quad \varepsilon_{13} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u^*}{\partial z} + \frac{\partial w^*}{\partial x} \right); \quad \varepsilon_{33} = \frac{\partial w^*}{\partial z}; \quad \varepsilon = \varepsilon_{11} + \varepsilon_{33} \end{aligned} \quad (5)$$

Предположим, что на границе полуплоскости заданы напряжения

$$\sigma_{33} = (1 - \sigma_0) \delta(x) \delta(t) \quad \text{при } z = 0; \quad \sigma_t = \sigma_0 \delta(x) \delta(t) \quad \text{при } z = 0 \quad (6)$$

Здесь  $\sigma_0$  – постоянная;  $\delta(t)$  – дельта функция Дирака [3, 6]:

В начальный момент времени система находится в покое, тогда начальные условия будут в виде:

$$\varphi_j = \frac{\partial \varphi_j}{\partial t} = 0 \quad \text{при } t = 0 \quad (j = 1, 2); \quad \psi = \frac{\partial \psi}{\partial t} = 0 \quad \text{при } t = 0 \quad (7)$$

Пусть на бесконечности отсутствуют возмущения:

$$\varphi_j(x, z, t) \rightarrow 0 \quad \text{при } z \rightarrow \infty \quad (j = 1, 2); \quad \psi(x, z, t) \rightarrow 0 \quad \text{при } z \rightarrow \infty \quad (8)$$

Математически задача сводится к решению системы дифференциальных уравнений (2) при граничных (6), (8) и начальных (7) условиях.

Применяя интегральное преобразование Лапласа по времени  $t$  и интегральное преобразование Фурье по координате  $x$  к уравнению (2) с учетом условия (7) получаем:

$$\frac{d^2 \tilde{\varphi}_j}{dz^2} - m_j^2 \tilde{\varphi}_j = 0; \quad \frac{d^2 \tilde{\psi}_j}{dz^2} - m_j^2 \tilde{\psi}_j = 0 \quad (9)$$

где  $\tilde{\varphi}_j(\xi, z, p)$  и  $\tilde{\psi}_j(\xi, z, p)$  – изображения функций  $\varphi_j(x, z, t)$  и  $\psi(x, z, t)$  соответственно;  $p$  – параметр преобразования Лапласа;  $\xi$  – параметр преобразования Фурье;  $m_j = \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_j^2}}$ .

Общие решения уравнений (9), ограниченных на бесконечности, имеют вид:

$$\tilde{\varphi}_j(\xi, z, p) = c_j e^{-z \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_j^2}}} \quad (j = 1, 2), \quad \tilde{\psi}_j(\xi, z, p) = c_3 e^{-z \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_3^2}}} \quad (10)$$

где  $c_1, c_2$  и  $c_3$  – постоянные интегрирования.

Учитывая (10) в (3) для перемещений [6], получаем:

$$\begin{aligned} \tilde{U}^c(\xi, z, p) = -iq \left[ c_1 e^{-z \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}}} + c_2 e^{-z \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_2^2}}} + c_3 \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_3^2}} e^{-z \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_3^2}}} \right] \\ \tilde{W}^c(\xi, z, p) = -c_1 \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}} e^{-z \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}}} - c_2 \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_2^2}} e^{-z \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_2^2}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tilde{U}^{\text{ж}}(\xi, z, p) &= -iq \left[ c_1 \beta_1 e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}}} + c_2 \beta_2 e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_2^2}}} + \beta_3 c_3 \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_3^2}} e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_3^2}}} \right]; \\ \tilde{W}^{\text{ж}}(\xi, z, p) &= -c_1 \beta_1 \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}} e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}}} - c_2 \beta_2 \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_2^2}} e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_2^2}}} - iq \beta_3 c_3 e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_3^2}}},\end{aligned}$$

где  $\beta_1, \beta_2$  и  $\beta_3$  корни уравнения (10).

Неизвестные коэффициенты определяется из граничных условий, которые в изображениях имеют вид:

$$\tilde{\sigma}_{33} = 1 - \sigma_0 \text{ при } z = 0; \quad \tilde{\sigma} = \sigma_0 \text{ при } z = 0; \quad \tilde{\sigma} = 0 \text{ при } z = 0$$

После этого для изображения перемещений получаем:

$$\begin{aligned}\tilde{U}^c(\xi, z, p) &= \alpha_1 e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}}} + \alpha_2 e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_2^2}}} + \alpha_3 e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_3^2}}} \\ \tilde{W}^c(\xi, z, p) &= \frac{(-1)^{j+1}}{iq} \left[ \alpha_1 \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}} e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}}} + \alpha_2 \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_2^2}} e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_2^2}}} \right] \\ \tilde{U}^{\text{ж}c}(\xi, z, p) &= \beta_1 \tilde{U}_1^c(\xi, z, p) e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}}} + \beta_2 \tilde{U}_2^c(\xi, z, p) e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_2^2}}} + \beta_3 \tilde{U}_3^c(\xi, z, p) e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_3^2}}} \quad (11) \\ \tilde{W}^{\text{ж}c} &= \beta_1 \tilde{W}_1^c(\xi, z, p) e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}}} + \beta_2 \tilde{W}_2^c(\xi, z, p) e^{-z\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_2^2}}},\end{aligned}$$

Здесь введены следующие обозначения:

$$\alpha_j = \frac{iq}{p^2} [-\beta_{11}(2 - \ell) + \beta_{12}^{2-\ell} R_1(\xi, p)]; \quad \beta_{11} = \frac{\sigma_0}{\alpha_1 c}; \quad \beta_{12} = \frac{\alpha_2 c_2^2}{\alpha_1 c_1^2};$$

$$R_1(\xi, p) = \frac{4\xi\eta_1\sigma_0\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}}\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_2^2}} + [m_1 c_1^2(1 - \sigma_0) - \sigma_0 q_1](2\xi + c_3^2 p)}{-4\xi\eta_1\eta_2\left(\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}} + m_1 c_1^2\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}}\right)\sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{c_1^2}} + a(2\xi + c_3^2 p)}$$

$$a = -m_2 c_2^2 q_1 + m_1 c_1^2 q_1; \quad q_1 = 2\eta_1 \xi + m_1 c_1^2 p; \quad q_2 = 2\eta_1 \xi + m_2 c_2^2 p;$$

$$m_1 = \eta_3 + \eta_4 \beta_1; \quad m_2 = \eta_3 + \eta_4 \beta_2.$$

Для исследования полученных решений рассмотрим следующие случаи.

Предположим, что искомые функции зависят от одной координаты  $z$ , тогда из уравнения (11) для изображения смещений получаем [5]:

$$\begin{aligned}\bar{W}^c(z, p) &= \frac{1}{p} \left[ -\frac{\sigma_0}{\eta_1 c_1} e^{-\frac{pz}{c_1}} + \frac{\eta_3(1 - \sigma_0) - \sigma_0 \eta_1}{c_2(\alpha_1 \eta_2 - \alpha_2 \eta_1)} \left( \frac{\eta_4 c_2}{\eta_3 c_1} e^{-\frac{pz}{c_1}} - e^{-\frac{pz}{c_2}} \right) \right] \\ \bar{W}^{\text{ж}c}(z, p) &= \frac{1}{p} \left[ -\frac{\sigma_0 \beta_1}{\eta_3 c_1} e^{-\frac{pz}{c_1}} + \frac{\eta_3(1 - \sigma_0) - \sigma_0 \eta_1}{c_2(\eta_2 \eta_3 - \eta_1 \eta_4)} \times \left( \frac{\eta_4 c_2}{\eta_3 c_1} \beta_1 e^{-\frac{pz}{c_1}} - \beta_2 e^{-\frac{pz}{c_2}} \right) \right]\end{aligned}$$

Оригиналы этих перемещений определяются формулами:

$$\bar{W}^c(z, t) = -\frac{\sigma_0}{\alpha_1 c_1} \delta' \left( t - \frac{z}{c_1} \right) + \frac{\alpha_1(1 - \sigma_0) - \sigma_0 \eta_1}{c_2(\alpha_1 \eta_2 - \alpha_2 \eta_1)} \left[ \frac{\alpha_2 c_2}{\alpha_1 c_1} \delta' \left( t - \frac{z}{c_1} \right) - \delta' \left( t - \frac{z}{c_{21}} \right) \right]$$

$$\bar{W}^*(z,t) = -\frac{\sigma_0}{\alpha_1 c_1} \beta_1 \delta' \left( t - \frac{z}{c_1} \right) + \frac{\alpha_1 (1 - \sigma_0) - \sigma_0 \eta_1}{c_2 (\alpha_1 \eta_2 - \alpha_2 \eta_1)} \times \left[ \frac{\alpha_2 c_2}{\alpha_1 c_1} \beta_1 \delta' \left( t - \frac{z}{c_1} \right) - \beta_2 \delta' \left( t - \frac{z}{c_2} \right) \right],$$

где  $\delta'(t)$  – производная функции Дирака .

Полученное решение исследовано в следующих значениях параметров:

$$R = 0,7 \cdot 10^4 \text{ МПа}; \quad Q = 0,2 \cdot 10^4; \quad \rho_{11} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{22} = 0,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3; \quad \rho_{12} = -0,1 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^3; \quad A = 0,3 \cdot 10^4 \text{ МПа};$$

$$N = 0,4 \cdot 10^3 \text{ МПа}; \quad \sigma_0 = 0,2; \quad \beta_1 = 0,6; \quad \beta_2 = -4;$$

$$\beta_3 = 0,02; \quad c_1 = 1 \text{ м/сек}; \quad c_2 = 2 \text{ м/сек}; \quad c_3 = 1,9 \text{ м/сек};$$

$$\eta_1 = 0,04; \quad \eta_2 = 0,71; \quad \eta_3 = 0,64; \quad \eta_4 = 1,5;$$

$$t = 0,2 \text{ сек.}$$

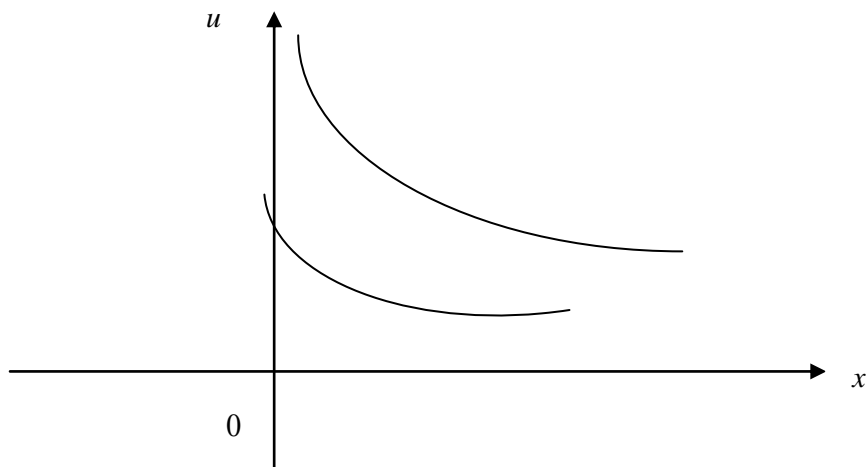


Рис.1. График зависимости перемещения от координаты

Из графика видно, что перемещение на поверхности полупространства затухает с течением времени и фронт волны в скелете и в жидкости определяется уравнениями

$$x = \frac{t}{c_k}, \quad (k = 1,2,3) (c_k \neq 0)$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кийко И.А. Ильясов М.Х., Распространение гармонических волн в двухкомпонентной двухслойной среде/Вест.Моск.ун-та, Мат., мех., №5, 1976, с.103-106.
2. Кийко И.А. Распространение гармонических возмущений в круглом цилиндрическом стержне из упругого пористого материала с жидким наполнением/В сб.: «Фундаменты и подземные сооружения при динамическом воздействии», Ташкент, «Фан», 1975, с. 3-9
3. Николаевский В.Н. и др. Механика насыщенных пористых сред. М.: Недра, 1970, 355с.
4. Онисько Н.И., Шемякин Е.И. Движение свободной поверхности однородного грунта при подземном взрыве / ПМТФ, №4, 1961, с. 82-94.
5. Резниченко Ю.В. О распространении сейсмических волн в дискретных и гетерогенных средах//Изв. АН СССР. Серия сейсмическая и геофизическая,1949. т. 13, с.115-128.
6. Саатов Я.У. Плоские задачи механики упруго-пористых сред. Ташкент.: Фан, 1975. 251 с.
7. Бабаджанова В.Г. Исследование одномерной несвязанной задачи термовязкоупругости // Динамика машин, Высник НТУ «Харковский Политехнический Институт», 2010, с. 39-50. (50)



**XÜLASƏ**  
**DİNAMİK DALĞALARIN MAYE İLƏ DOLDURULMUŞ MƏSAMƏLİ**  
**MÜHİTLƏRDƏ YAYILMASININ ARAŞDIRILMASI**

*Babacanova V.H.*

*Açar sözlər: Laplasın integral çevirməsi, simmetrik dalğalar, termoözlüelastiklik, deformasiya, dinamik dalğalar*

Məqalədə maye ilə doldurulmuş məsaməli mühitlərdə dinamik dalğaların yayılması məsələsi Laplas çevirməsinin köməyi ilə həll edilmiş və yerdəyişmənin yarımfəzanın səthi üzərində zamandan asılı olaraq söndüyü göstərilmişdir.

**SUMMARY**  
**INVESTIGATION OF DYNAMIC WAVES PROPAGATION**  
**IN POROUS ENVIRONMENTS SATURATED BY LIQUID**

*Babajanova V.H.*

*Key words: integral Laplace transform, symmetric waves, termoviscoelasticity, deformation, dynamic, waves*

The article deals with the propagation of dynamic waves in porous environments by means of the Laplace transform and shows that displacement on the half-space surface decays over time.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	10.05.2017
	Son variant	26.12.2017

УДК 539.3

## ЗАДАЧА КРУЧЕНИЯ ДЛЯ НЕОДНОРОДНОЙ ТРАНСВЕРСАЛЬНО – ИЗОТРОПНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

**ШАХВЕРДИЕВА ГЮЛЬНАЗ НАРИМАН КЫЗЫ**

*Бакинский славянский университет, преподаватель*

*[bgnq@mail.ru](mailto:bgnq@mail.ru)*

*Ключевые слова: уравнение равновесия, неоднородные уравнения, однородные уравнения, погранслойные решения, асимптотический метод.*

Методом асимптотического интегрирования уравнений теории упругости изучается задача кручения для неоднородной трансверсально-изотропной плиты переменной толщины. Построены неоднородные и однородные решения. На основании асимптотического анализа разъяснён характер напряженно-деформированного состояния.

**Введение.** В [1-3] построена общая теория изотропной конической оболочки переменной толщины. В [4,5] методом асимптотического интегрирования уравнений теории упругости изучена осесимметричная задача теории упругости для неоднородной трансверсально-изотропной конической оболочки и для трансверсально-изотропной плиты переменной толщины. В [6] исследована задача кручения для неоднородной трансверсально-изотропной конической оболочки и показан особый случай, когда угол раствора срединной поверхности  $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$  соответствует трансверсально-изотропной неоднородной плите переменной толщины. Здесь речь идет не о любой плите. Имеется в виду тот частный вид конической оболочки, рассмотренной в [4], который она принимает при вырождении ее срединной поверхности в плоскость. Этот случай вырождения особый и требует отдельного исследования.

**1. Постановки задачи.** Рассмотрим задачу кручения неоднородной трансверсально-изотропной плиты с линейно изменяющейся толщиной, которая представляет собой тело с двумя коническими и двумя сферическими границами (толщина которой  $h = \varepsilon r$ , где  $r$  – расстояние от центра плиты,  $\varepsilon$  – малый параметр). В сферической системе координат область занятую плитой обозначим через

$$\Gamma = \left\{ r_1 \leq r \leq r_2, \frac{\pi}{2} - \varepsilon \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} + \varepsilon, 0 \leq \varphi \leq 2\pi \right\}.$$

Уравнение равновесия при отсутствии массовых сил в сферической системе координат  $r, \theta, \varphi$  имеет вид [7]:

$$\frac{\partial \sigma_{r\varphi}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_{\varphi\theta}}{\partial \theta} + \frac{3\sigma_{r\varphi} + 2\sigma_{\theta\varphi} \operatorname{ctg} \theta}{r} = 0, \quad (1)$$

где  $\sigma_{r\varphi}, \sigma_{\varphi\theta}$  – компоненты тензора напряжений, которые выражаются через компоненту вектора перемещений следующим образом [7]:

$$\sigma_{r\varphi} = G_1 \left( \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r} \right), \quad \sigma_{\varphi\theta} = \frac{G}{r} \left( \frac{\partial u_\varphi}{\partial \theta} - u_\varphi \operatorname{ctg} \theta \right). \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1) имеем:

$$\frac{\partial}{\partial \eta} \left[ G(\eta) \left( \frac{\partial u_\varphi}{\partial \eta} + \varepsilon u_\varphi \operatorname{tg} \varepsilon \eta \right) \right] - 2\varepsilon G(\eta) \left( \frac{\partial u_\varphi}{\partial \eta} + \varepsilon u_\varphi \operatorname{tg} \varepsilon \eta \right) \operatorname{tg} \varepsilon \eta + \varepsilon^2 G_1(\eta) \Delta_0 u_\varphi = 0, \quad (3)$$

где  $u_\varphi = u_\varphi(\rho, \eta)$  – компонента вектора смещения;  $G(\eta), G_1(\eta)$  – модули сдвига рассматриваемый как произвольная положительная непрерывная функция переменной  $\eta; \eta = \frac{\theta - \theta_0}{\varepsilon}, \rho = \frac{r}{r_2}$  – новые безразмерные переменные;  $\theta_0 = \frac{\theta_1 + \theta_0}{2} = \frac{\pi}{2}$  – угол раствора срединной поверхности;  $\varepsilon = \frac{\theta_2 - \theta_1}{2}$  – малый параметр, характеризующий толщину плиты;

$$\Delta_0 = \rho^2 \frac{\partial^2}{\partial \rho^2} + 2\rho \frac{\partial}{\partial \rho} - 2; \eta \in [-1; 1], \rho \in [\rho_1; 1]$$

Предположим, что на конических границах заданы граничные условия

$$\sigma_{\theta\varphi} \Big|_{\eta=\pm 1} = \frac{G(\eta)}{\varepsilon \rho} \left( \frac{\partial u_\varphi}{\partial \eta} + \varepsilon u_\varphi \operatorname{tg} \varepsilon \eta \right) \Big|_{\eta=\pm 1} = t^\pm(\rho) \quad (4)$$

Здесь  $t^\pm(\rho)$  – достаточно гладкие функции и относительно  $\varepsilon$  имеют порядок  $O(1)$ .

**2. Построение неоднородных решений.** Частные решения уравнения (3), которые удовлетворяют неоднородные граничные условия (4), называется неоднородными решениями.

Переходим к построению неоднородного решения. Решение задачи (3), (4) отыскиваем в виде:

$$u_\varphi = \varepsilon^{-1} (u_{\varphi_0} + \varepsilon u_{\varphi_1} + \varepsilon^2 u_{\varphi_2} + \dots). \quad (5)$$

После подстановки (5) в (3), (4) получаем соотношения для коэффициентов разложения (5):

$$u_{\varphi_0} = C_1(\rho), \quad (6)$$

$$u_{\varphi_1} = C_2(\rho), \quad (7)$$

$$u_{\varphi_2} = \int_{-1}^2 \frac{1}{G(y)} \left( \int_{-1}^y G_1(x) dx \right) dy \cdot \frac{\rho \cdot t(\rho)}{G_1^{(0)}} + \rho t^-(\rho) \cdot (\eta + 1) - \frac{(\eta^2 - 1)}{2} C_1(\rho) + C_3(\rho), \quad (8)$$

где

$$\Delta_0 C_1(\rho) = -\frac{\rho t(\rho)}{G_1^{(0)}}, \quad (9)$$

$$\Delta_0 C_2(\rho) = 0, \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \Delta_0 C_3(\rho) = & -\frac{\Delta_0(\rho \cdot t(\rho))}{(G_1^{(0)})^2} \int_{-1}^1 G_1(\eta) \cdot \left( \int_{-1}^{\eta} \frac{1}{G(y)} \left( \int_{-1}^y G_1(x) dx \right) dy \right) d\eta - \\ & - \frac{(G_1^{(1)} + G_1^{(0)})}{G_1^{(0)}} \Delta_0(\rho t^-(\rho)) + \frac{3(G_1^{(0)} - G_1^{(2)})}{2(G_1^{(0)})^2} \rho t(\rho), \end{aligned} \quad (11)$$

$$t(\rho) = t^+(\rho) - t^-(\rho); G_1^{(k)} = \int_{-1}^1 \eta^k \cdot G_1(\eta) d\eta$$

**3. Построение и анализ однородных решений.** Однородным решением назовем всякое решение уравнения (3), удовлетворяющее условию отсутствия напряжений на конических границах плиты. Построим однородные решения. Положим в (4)  $t^\pm(\rho) = 0$ :

$$\sigma_{\theta\varphi}\Big|_{\eta=\pm 1} = \frac{G(\eta)}{\varepsilon\rho} \left( \frac{\partial u_\varphi}{\partial \eta} + \varepsilon u_\varphi \operatorname{tg} \varepsilon\eta \right) \Big|_{\eta=\pm 1} = 0. \quad (12)$$

Отыскивая решения уравнения (3),(12) в виде

$$u_\varphi(\rho, \eta) = \rho^{z-\frac{1}{2}} v(\eta) \quad (13)$$

получаем:

$$A v = z^2 v, \quad (14)$$

где

$$A v = \left\{ -\frac{1}{\varepsilon^2 G_1(\eta)} \left[ \left[ (G(\eta)(v'(\eta) + \varepsilon v(\eta) \operatorname{tg} \varepsilon\eta) \right]' - 2\varepsilon G(\eta)(v'(\eta) + \varepsilon v(\eta) \operatorname{tg} \varepsilon\eta) \operatorname{tg} \varepsilon\eta \right] + \frac{9}{4} v(\eta); (G(\eta)(v'(\eta) + \varepsilon v(\eta) \operatorname{tg} \varepsilon\eta) \right) \Big|_{\eta=\pm 1} = 0 \right\}.$$

$A$  - симметричный оператор в гильбертовом пространстве  $L_2(-1;1)$  с весом  $G_1(\eta) \cos \varepsilon\eta$  [6]. Следовательно, все собственные значения  $\lambda_k(A) = z_k^2$  вещественны, соответствующие системы собственных функций являются ортогональными по весу  $G_1(\eta) \cos \varepsilon\eta$  в  $[-1;1]$

$$(v_k; v_n) = \int_{-1}^1 G_1(\eta) v_k(\eta) v_n(\eta) \cos \varepsilon\eta d\eta = \delta_{kn}. \quad (15)$$

При  $\varepsilon \rightarrow 0$  для решения (14) воспользуемся асимптотическим методом [8]. Однородные решения, соответствующие первому итерационному процессу, можно получить из (5)-(11), если в них положить  $t^\pm(\rho) = 0$ . В результате получаем

$$u_\varphi^{(1)}(\rho, \eta) = C \rho^{-2} \cos \varepsilon\eta. \quad (16)$$

Решение (16) соответствует собственным значениям  $z_0 = -\frac{3}{2}$

Напряжения, соответствующие первому итерационному процессу, имеют вид:

$$\sigma_{\rho\rho}^{(1)} = \frac{-3CG_1(\eta)}{\rho^3} \cos \varepsilon\eta; \sigma_{\theta\varphi}^{(1)} = 0. \quad (17)$$

Второй итерационной процесс здесь отсутствует, т.е. отсутствует решение, имеющее характер краевого эффекта.

Решение уравнения (14), соответствующее третьему итерационному процессу, отыскиваем в виде

$$v = v_0 + \varepsilon^2 v_2 + \dots; z = \varepsilon^{-1} (\delta_0 + \varepsilon^2 \delta_2 + \dots). \quad (18)$$

После подстановки (18) в(14) для первых членов разложения получаем спектральную задачу, описывающую вихревое решение трансверсально – изотропной плиты неоднородной по толщине [6]:

$$A v_0 = \delta_0^2 v_0 \quad (19)$$

Где 
$$A_0 v_0 = \left\{ -\frac{1}{G_1(\eta)} (G(\eta) v_0'(\eta))'; G(\eta) v_0'(\eta) = 0 \text{ при } \eta = \pm 1 \right\}.$$

Для определения  $v_2$  и  $\delta_2$  получаем:

$$\begin{cases} (G(\eta)v_2'(\eta))' + \delta_0^2 G_1(\eta)v_2(\eta) = 2\eta G(\eta)v_0'(\eta) - \eta(G(\eta)v_0(\eta))' - \\ G(\eta)v_0(\eta) - \left(2\delta_0\delta_2 - \frac{9}{4}\right)G_1(\eta) \cdot v_0(\eta), & (20) \\ G(\eta)(v_2'(\eta) + \eta v_0(\eta))\Big|_{\eta=\pm 1} = 0. & (21) \end{cases}$$

Решение (20) –(21) ищем в виде:

$$v_{2n}(\eta) = \sum_{p=0}^{\infty} \alpha_{np} v_{0p}(\eta) - \int_1^{\eta} x v_{0n}(x) dx. \quad (22)$$

(22) удовлетворяет граничным условиям (21). После подстановки (22) в (20), (21) с учетом (15) получаем:

$$\alpha_{nm} = \frac{1}{\delta_{0n}^2 - \delta_{0m}^2} \left[ \delta_{0n}^2 \int_{-1}^1 G_1(\eta) \left( \int_{-1}^{\eta} x \cdot v_{0n}(x) dx \right) v_{0m}(\eta) d\eta + 2 \int_{-1}^1 G(\eta) v_{0n}'(\eta) \cdot v_{0m}(\eta) \cdot \eta d\eta \right],$$

( $n \neq m$ )

$$\alpha_{nn} = \frac{1}{4} \int_{-1}^1 G_1(\eta) v_{0n}^2(\eta) \cdot \eta^2 d\eta + \int_{-1}^1 G_1(\eta) v_{0n}(\eta) \left( \int_{-1}^{\eta} x v_{0n}(x) dx \right) d\eta,$$

$$\delta_{2n} = \frac{1}{2\delta_{0n}} \left[ 2 \int_{-1}^1 \eta G(\eta) v_{0n}'(\eta) v_{0n}(\eta) \cdot d\eta + \frac{9}{4} + \delta_{0n}^2 \int_{-1}^1 G_1(\eta) v_{0n}(\eta) \left( \int_{-1}^{\eta} x \cdot v_{0n}(x) dx \right) d\eta \right].$$

Решения, соответствующие третьему итерационному процессу имеют вид:

$$u_{\varphi}^{(3)}(\rho, \eta) = \sum_{n=1}^{\infty} \left( E_n \rho^{z_n - \frac{1}{2}} + D_n \rho^{-z_n - \frac{1}{2}} \right) \cdot v_n^{(3)}(\eta), \quad (23)$$

где

$$\begin{aligned} v_n^{(3)}(\eta) = & v_{0n}(\eta) + \varepsilon^2 \left\{ - \int_{-1}^{\eta} x \cdot v_{0n}(x) dx + \left[ \frac{1}{4} \int_{-1}^1 G_1(\eta) v_{0n}^2(\eta) \cdot \eta^2 d\eta + \right. \right. \\ & \left. \left. + \int_{-1}^1 G_1(\eta) v_{0n}(\eta) \cdot \left( \int_{-1}^{\eta} x v_{0n}(x) dx \right) d\eta \right] \cdot v_{0n}(\eta) + \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{\delta_{0n}^2 - \delta_{0m}^2} \left[ \delta_{0n}^2 \int_{-1}^1 G_1(\eta) \cdot \right. \right. \\ & \left. \left. \cdot \left( \int_{-1}^{\eta} x v_{0n}(x) dx \right) v_{0m}(\eta) d\eta + + 2 \int_{-1}^1 G(\eta) v_{0n}'(\eta) \cdot v_{0m}(\eta) \cdot \eta d\eta \right] \cdot v_{0m}(\eta) \right\} + O(\varepsilon^2); \end{aligned}$$

$E_n, D_n$  - произвольные постоянные.

Общим решением (14) будет сумма решений (16), (23), соответствующих вышеприведенным итерационным процессам:

$$u_{\varphi}(\rho, \eta) = u_{\varphi}^{(1)}(\rho, \eta) + u_{\varphi}^{(3)}(\rho, \eta). \quad (24)$$

Для напряжений получаем:

$$\sigma_{\rho\rho} = \sigma_{\rho\rho}^{(1)} + \sum_{n=1}^{\infty} G_1(\eta) \left[ E_n \left( z_n - \frac{3}{2} \right) \rho^{z_n - 3/2} - D_n \cdot \left( z_n + \frac{3}{2} \right) \rho^{-z_n - 3/2} \right] \cdot v_n(\eta), \quad (25)$$

$$\sigma_{\theta\varphi} = \frac{G(\eta)}{\varepsilon} \sum_{n=1}^{\infty} \left[ E_n \rho^{z_n - 3/2} + D_n \rho^{-z_n - 3/2} \right] \cdot (v_n'(\eta) + \varepsilon v_n(\eta) \operatorname{tg} \varepsilon \eta). \quad (26)$$

Определим характер построенных однородных решений. Крутящий момент  $M_{кр.}$  напряжений, действующих в сечении  $\rho = const$  имеет вид:

$$M_{кр.} = 2\pi r^3 \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sigma_{r\varphi} \sin^2 \theta d\theta = 2\pi r_2^3 \varepsilon \rho^3 \int_{-1}^1 \sigma_{\rho\rho} \cos^2 \varepsilon \eta d\eta. \quad (27)$$

После подстановки (25) в (27) окончательно получаем:

$$M_{кр.} = -6\pi \varepsilon C \int_{-1}^1 G_1(\eta) \cos^3 \varepsilon \eta d\eta.$$

Постоянная  $C$  при отсутствии внешних усилий на боковых поверхностях, пропорциональна крутящим моментам  $M_{кр.}$  напряжений, действующих в сечении  $\rho = const$ .

Напряженное состояние, соответствующее третьей группе решений, является самоуравновешенным в каждом сечении  $\rho = const$  и имеет характер пограничного слоя.

Допустим, в сферической части границы заданы напряжения

$$\sigma_{\rho\rho} \Big|_{\rho=\rho_s} = h_s(\eta), \quad (s=1;2) \quad (28)$$

Здесь  $h_s(\eta)$  достаточно гладкие функции и удовлетворяют условиям равновесия. На основе (25), (28) имеем:

$$\sigma_{\rho\rho} = \frac{G_1(\eta) \cos \varepsilon \eta}{2\pi \varepsilon \rho^3 \int_{-1}^1 G_1(\eta) \cos^3 \varepsilon \eta d\eta} \cdot M_{кр.} + \sum_{k=1}^{\infty} G_1(\eta) \left[ \left( z_k - \frac{3}{2} \right) \rho^{z_k - 3/2} \cdot E_k - \left( z_k + \frac{3}{2} \right) \rho^{-z_k - 3/2} D_k \right] v_k(\eta); \quad (29)$$

Подставляя (29) в (28) и умножая полученные равенства на  $v_n(\eta) \cos \varepsilon \eta$  и интегрируя в пределах  $[-1;1]$  с учетом (15) получаем:

$$\left( z_n - \frac{3}{2} \right) \rho_n^{z_n - 3/2} \cdot E_n - \left( z_n + \frac{3}{2} \right) \rho_n^{-z_n - 3/2} \cdot D_n = a_{sn}, \quad (30)$$

$$\text{где } a_{sn} = \int_{-1}^1 \tilde{h}_s(\eta) v_n(\eta) \cos \varepsilon \eta d\eta; \tilde{h}_s(\eta) = h_s(\eta) - \frac{G_1(\eta) \cos \varepsilon \eta}{2\pi \varepsilon \rho_s^3 \int_{-1}^1 G_1(\eta) \cos^3 \varepsilon \eta d\eta} \cdot M_{кр.}$$

Из системы (30) определяем неизвестные постоянные  $E_n, D_n$ .

**Выводы.** На основании метода асимптотического интегрирования уравнений теории упругости построены неоднородные, однородные решения и изучен характер напряженно-деформированного состояния.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мехтиев М.Ф. Асимптотический анализ некоторых пространственных задач теории упругости для полых тел. Баку: Элм, 2010, 316 с.
2. Ахмедов Н.К., Мехтиев М.Ф. Анализ трехмерной задачи теории упругости для неоднородного усеченного полого конуса // Прикладная математика и механика, 1993, т.57, №5, с.113-119.
3. Ахмедов Н.К., Мехтиев М.Ф. Осесимметричная задача теории упругости для неоднородной плиты переменной толщины // Прикладная математика и механика. 1995. т.59, №3, с.518-523.

4. Ахмедов Н.К., Мехтиев М.Ф., Шахвердиева Г.Н. Анализ осесимметричной задачи теории упругости для неоднородной трансверсально-изотропной конической оболочки // Известия высших учебных заведений Северо-Кавказский регион. Естественные науки, 2015, №2, с.5-11.
5. Ахмедов Н.К. , Шахвердиева Г.Н. Анализ трехмерной задачи теории упругости для неоднородной трансверсально-изотропной плиты переменной толщины. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ», Серія « Механіко-технологічні системи та комплекси», №7 (1179), 2016, стр. 8-12
6. Бабаева Г.Н. Задача кручения для неоднородной трансверсально-изотропной конической оболочки.// Azərbaycan Texniki Universiteti. Elmi Əsərlər, fundamental elmlər, N 3, cild XI (43), 2012, s.104-113
7. Лурье А.И. Теория упругости. М.: Наука, 1970, 939 с.
8. Гольденвейзер А.Л. Построение приближенной теории оболочек при помощи асимптотического интегрирования уравнений теории упругости // Прикладная математика и механика, 1963, т.27, №4, с.593-608.

**XÜLASƏ**  
**DƏYİŞƏN QALINLIQLI QEYRİ-BİRCİNS TRANSVERSAL-İZOTROP LÖVHƏNİN**  
**BURULMA MƏSƏLƏSİ**  
*Şahverdiyeva G.N.*

*Açar sözlər: tarazlıq tənliyi, qeyri-bircins həll, bircins həll, sərhəd layı xarakterli həll, asimptotik metod.*

Elastikiyyət nəzəriyyəsi tənliklərinin asimptotik inteqrallanması metodu ilə dəyişən qalınlıqlı qeyri-bircins transversal-izotrop lövhənin burulma məsələsi tədqiq edilir. Qeyri-bircins, bircins həllər qurulur və gərginlik-deformasiya vəziyyətinin xarakteri öyrənilir.

**SUMMARY**  
**TORSION PROBLEM OF A VARIABLE THICKNESS INHOMOGENEOUS**  
**TRANSVERSELY- ISOTROPIC PLATE**  
*Shahverdiyeva G.N.*

*Key words: balanced equation, heterogeneous solution, homogeneous solutions, boundary layer solutions, asymptotic method*

Torsion problem of variable thickness inhomogeneous transversely-isotropic plate is studied by method of asymptotic integration of equations of elasticity theory. Systems of inhomogeneous and homogenous solutions are set up. The nature of strain-deformation state is clarified.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	13.04.2017
	Son variant	26.12.2017

UOT 547.1

## FENOLUN VƏ ANİLİNİN METANOLLA ALKİLLƏŞMƏSİNDƏ NANOÖLÇÜLÜ OKSİD SİSTEMİNİN KATALİTİK XASSƏLƏRİ

<sup>1</sup>MURADOV MAHAL MAYIL oğlu<sup>2</sup>AĞAYEV ƏKBƏR ƏLİ oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1-dosent, 2-professor

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

*Açar sözlər: fenol, anilin, metanol, alkilləşmə, nanoölçülü, katalizator, turşu-əsaslı xassə.*

Fenol və anilinin metilləşmə prosesini aparmaqda əsas məqsəd onların metil homoloqlarını almaqdır. Fenolun monometil homoloqlarına anizol və krezollar, anilinin monometilləşmə reaksiyasının məhsullarına isə N-metil anilin və toluidinlər aiddir. Sadaladığımız məhsullar əsas üzvi və neft-kimya sintezi sənayesinin qiymətli məhsulları və yarım məhsulları sayılır. Onlar əsasında aqrokimyəvi məhsullar, pestisidlər, qatranlar, boyalar, ətirli maddələr, vitaminlər, dərman preparatları, aşqarlar, polimerlər istehsal olunur [1-3].

Fenol və anilinin metilləşmə prosesində metilləşdirici kimi metil halogenidlər, metanol, dimetiləfiri, formaldehid, quruluşunda metilol qrupları olan sulfoturşuların duzları, tərkibində mütəhərrik metil qrupu olan karbohidrogenlərdən (məsələn, metil-, dimetil-, trimetilbenzollar və s.) istifadə olunur [4-6]. Tədqiqatlarda katalizator kimi müxtəlif metalların halogenidləri, oksidləri, onların kombinasiyası, həmçinin alümosilikatlar seolitlər və onların modifikasiya olunmuş nümunələri, heteropoliturşular götürülmüş [7-12] və bəzi hallarda praktik əhəmiyyət kəsb edən nəticələr əldə olunmuşdur.

Məqalədə fenol və anilinin metanolla alkilləşmə reaksiyasında ilk dəfə olaraq nanoölçülü rutenium-titan tərkibli oksid katalizatorunun iştirakı ilə aparılmış tədqiqatlarının nəticələri verilir. Bu katalitik sistem elektrokimya sənayesində istifadəsini tapmış xüsusi metodika əsasında sintez edilmişdir. Katalizatorunda rutenium oksidin titan oksidinə olan mol nisbəti 0.43:1 təşkil edir. Kontaktın morfoloji quruluşunun tədqiqi [13] nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, nümunənin müxtəlif sahələrində iki növ səthlər mövcuddur. Bu səthlərə hamar səthlər və qlobullar aiddir. Hamar səthlərin müxtəlif yerlərində atomlar müxtəlif cür yığılır. Atomların müxtəlif qəfəslərdə yerləşməsi ciddi tənzim olunur. Hamar atom qəfəslərinin fonunda ayrı-ayrı həcmli nanoklasterlər olur ki, onların ölçüləri 3 nm təşkil edir. Qlobullara gəldikdə, qeyd etmək lazımdır ki, onlar bir neçə ölçülü səviyyələrə malikdir. Aşağı səviyyədə onlar bir-biri üzərində yerləşmiş, ölçüləri 1-3 nm olan həcmli klasterlərdən ibarətdir. Göründüyü kimi, rutenium-titan kontaktı nanoölçülü tərkib hissələrinə malik olan kompozitdir.

Təcrübələr axar növlü reaktoru olan laborator qurğusunda aparılmış, alınan məhsulların analizi xromatoqrafik və spektral üsullarla həyata keçirilmişdir.

Rutenium-titan tərkibli katalizatorun iştirakı ilə anilinin metanolla alkilləşmə reaksiyasının nəticələri cədvəl 1-də fenolun metanolla qarşılıqlı təsirinin nəticələri isə cədvəl 2-də verilmişdir.

1-ci cədvəldən göründüyü kimi, rutenium-titan tərkibli katalizatorun iştirakı ilə anilinin metanolla alkilləşməsi digər katalizatorlarla müqayisədə daha aşağı temperaturda baş verir. Belə ki, 240 °C temperaturda anilinin konversiyası 8.5 %, 320 °C temperaturda 23.0 %, 380 °C temperaturda isə cəmi 28.0 % təşkil edir. Temperaturun 140 °C qaldırılması anilinin çevrilmə dərəcəsini ~19.5 %, 80 °C artması isə konversiyanı 14.5 % çoxaldır. 320 °C-dən sonra prosesin temperaturunun qaldırılması anilinin konversiyasını cəmi 4.5 % artırsa da, bu zaman reaksiya məhsullarının tərkibi və onlara görə selektivlik xeyli aşağı düşür. Belə ki, 320 °C temperaturda N-metil anilinə görə



selektivlik 74.0 %, 380 °C-də isə 32.0 % olur. Bu zaman anilin molekulundakı karbona görə metilləşmə məhsullarının selektivliyi cəmi 5.8 % artır. Bu da temperaturun sonrakı artması ilə yan çevrilmələrin sürətinin artdığını göstərir. Deməli, temperaturun 320 °C-dən yuxarı qaldırılması rutenium-titan kontaktının alkılləşmə qabiliyyətini xeyli aşağı salır və onun xassələrinə mənfi təsir göstərir. Aşağı temperaturda (240 °C) nanoölçülü katalizatorun N-alkılləşmə reaksiyasını yüksək selektivliklə (98.0 %) həyata keçirməsi də bu katalizatorun maraqlı cəhəti sayılmalıdır. 280 °C temperaturda alınan alkilatın da tərkibi maraqlı doğurur. Əsasən, N-metilanilindən (87.5 %) ibarət olan qarışıqda 2-metilanilin və 4-metilanilin çevrilmiş anilinə görə hesablanmış çıxımları uyğun olaraq 10.0 və 1.5 % təşkil edir ki, onların da bir-birindən rektifikasiya yolu ilə ayrılması texnoloji çətinlik törətmir.

Beləliklə, tədqiq etdiyimiz üsul çevrilməyən anilin və metanolun sistemdə çoxdəfəlik dövr etdirilməsi yolu ilə onların tam çevrilməsinə nail olmağa imkan verir və alınan məhsulların təmizliyinin tələb olunan səviyyədə olmasına şərait yaradır.

**Cədvəl 1.**

*Rutenium-titan kontaktının iştirakı ilə anilinın metanolla alkılləşmə reaksiyasına temperaturun təsiri.*

*Reaksiyanın şəraiti:  $\nu=0.8 \text{ st}^{-1}$ ,  $\nu=1:2.5 \text{ mol/mol}$ .*

Reaksiyanın temperaturu, °C	Reaksiya məhsullarının çevrilmiş anilinə görə hesablanmış çıxımları				Anilinın konversiyası, %
	Toluidinlər			N-metil anilin	
	orto	meta	para		
240	-	-	-	98.0	8.5
280	10.0	-	1.5	87.5	15.4
320	19.2	-	5.5	74.0	23.0
380	21.5	1.0	8.0	32.0	28.0

**Cədvəl 2.**

*Rutenium-titan kontaktının iştirakı ilə fenolun metanolla alkılləşmə reaksiyasına temperaturun təsiri.*

*Reaksiyanın şəraiti:  $\nu=0.8 \text{ st}^{-1}$ ,  $\nu=1:2 \text{ mol/mol}$ .*

Reaksiyanın temperaturu, °C	Reaksiya məhsullarının çevrilmiş fenola görə hesablanmış sxemləri					Fenolun konversiyası, %
	Anizol	2-metil-fenol	3- və 4-metil-fenollar	2.6-dimetil-fenol	İdentifikasiya olunmuş maddələr	
280	-	71.0	-	17.8	10.0	18.0
300	-	73.5	-	20.0	5.5	20.0
320	-	75.0	-	20.5	3.5	25.5
360	-	74.0	1.0	22.0	2.5	26.0

Cədvəl 2-də verilən nəticələrin təhlillərindən aydın olur ki, əsasi xassəli anilindən fərqli olaraq daha çox turşuluğa malik olan fenolun nanoölçülü katalizator və metanolun iştirakı ilə katalitik çevrilməsi anilinnə müqayisədə xeyli fərqlidir.

İlk növbədə, fenolun metanolla qarşılıqlı təsirinin 280°C temperaturdan başlayaraq gerçəkləşməsi anilinnə müqayisədə 40°C fərqin olduğunu göstərir. Qeyd etmək lazımdır ki, digər katalizatorlardan fərqli olaraq, nanoölçülü katalizator bu reaksiyanı da nisbətən aşağı temperaturda gerçəkləşdirir.

Anilindən fərqli olaraq, fenolun metanolla alkılləşməsindən alınan katalizatda oksigenə (O-) görə alkılləşmə məhsullarına, o cümlədən anizola rast gəlinir. Anilin olan halda azota (N-) görə alkılləşmə katalitik prosesin əsas çevrilməsi kimi müşahidə olunmuşdur.

Digər tərəfdən fenol olan halda nanoölçülü katalizatorun iştirakı ilə m- və n-krezollar da alınmır və əsas reaksiya məhsullarına fenol nüvəsindəki o- vəziyyətdə olan karbonlarda elektrofil əvəzetmə reaksiyası hesabına əmələ gələn 2-metilfenol və 2.6-dimetilfenolu göstərmək olar. Proses zamanı temperaturun artması ilə (280 °C-dən 320 °-yə) 2-metilfenola görə reaksiyanın selektivliyi əvvəlcə 4.0 % artaraq 75.0 %-ə çatır, daha sonra isə 360 °C-də 2-metilfenola görə prosesin

selektivliyi az dəyişir. 2-metilfenoldan fərqli olaraq, 2,6-dimetilfenolun çevrilmiş fenola görə hesablanmış çıxımı temperaturun artması ilə çoxalır. Göründüyü kimi, temperaturun 280 °C-dən 360 °C-yə qaldırılması bu məhsula görə selektivliyi 4.2 % artıraraq 22.0 %-ə çatdırır.

Alkilləşmə prosesində substrant kimi fenol götürüldükdə onun konversiyası da anilinlə müqayisədə bir qədər yüksək olur. Hər iki halda alınan məhsulların müqayisəsi onu da göstərmişdir ki, fenolun metanolla alkilləşmə prosesində tərkibi dəqiq müəyyənləşməyən maddələr də alınır ki, onların çıxımı temperaturun artması ilə azalır. Anilin olan halda bu kimi birləşmələr əmələ gəlmir. Güman olunur ki, mühitin hidrogenlə durulaşdırılması katalizatorun tərkibi və xassələrinə bilavasitə təsir göstərir və anilindən fərqli olaraq, fenolun qismən hidrogenləşməsi hesabına identifikasiya olunmamış məhsulların alınması ilə nəticələnir. Digər tərəfdən müəyyən edilmişdir ki, durulaşdırıcı olmayan halda nanoölçülü kontaktın alkilləşmə reaksiyasındakı aktivliyi çox azalır və istismar xassələri aşağı düşür. Çox güman ki, durulaşdırıcı olmayan mühitdə katalizatorun quruluş və tərkibində də qismən dəyişikliklər baş verir.

Anilin və fenolun metanolla alkilləşmə prosesində alınan katalizatlarda metanolun kənar çevrilməsi hesabına ( $2\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{HCOOCH}_3 + 2\text{H}_2$ ) metilformiat alınır. Temperaturun artması ( $>320^\circ\text{C}$ ) ilə onun parçalanmasının sürəti artır və qaz halında alınan məhsullar içərisində karbon oksidlərinin və suyun miqdarı çoxalır. Maraqlıdır ki, nanoölçülü katalizatorun iştirakı ilə fenolun metilformiatla qarşılıqlı təsirindən anizolun 62.0-96.0 % selektivliklə alındığı əvvəlki tədqiqatlarımız [14] nəticəsində təsdiq edilmişdir. Bu zaman fenolun konversiyası temperaturun 240 °C-dən 320 °C artırılması ilə 8.3 %-dən 22.5 %-ə qalxır və alınan alkilatlarla krezolların bütün izomerlərinə rast gəlinir.

Beləliklə, fenol və anilin metanolla alkilləşmə reaksiyasının durulaşdırıcı və nanoölçülü rutenium-titan tərkibli oksid sisteminin iştirakı ilə tədqiqinin nəticələri yuxarıda müəyyən etdiyimiz ümumi və fərqli qanunauyğunluqları üzə çıxarmışdır. Katalizatorun tərkibi və ölçülərinin nanosəviyyədə olması, turşu əsas xassələri bir-birindən fərqlənən, lakin hər ikisi birinci növbəli əvəzləyici olan substantların metanolla qarşılıqlı təsirinin xüsusiyyətləri durulaşdırıcının prosesin özünə və katalizatorun katalitik xassələrinə bilavasitə təsiri son nəticədə katalitik səthdə gedən alkilləşmə reaksiyasının başvermə sxeminin aromatik birləşmənin təbiətindən asılı olaraq, fərqli olduğunu göstərir. Beləliklə, fenol və anilin metanolla alkilləşmə reaksiyasının nəticələrinin müqayisəli təhlili ümumi və fərqli qanunauyğunluqları müəyyən etsə də, gələcəkdə bu istiqamətdə daha incə tədqiqatların aparılmasına ehtiyac vardır.

## ƏDƏBİYYAT

1. Dean Haymond Ernest. Cresols and other alkylphenols// J/Chem/ Insight and forecasting 2012, № 2, pp.17-21.
2. Патент № 6485799 США. Производные анилина жидкокристаллические композиции, их содержащие и жидко-кристаллические элементы дисплея/ Fijita Atsuko, Taliura Norio, Fereachi Hirojuki, Tareshita Tusayuki/ опубл. в РЖХим 03.18. 19Н91П.
3. Haas Carl. Aniline the builder//Eur. Chem. News, 2011, N 8, № 3750, pp.17-20.
4. Харлампович Г.Д., Чуркин Ю.В. Фенолы. М.: Химия, 1994, 376 с.
5. Yhothi T.M., Kaya T.N., Talavawar M.B., Sreekumar K.M. Selective methylation of phenol, aniline and catechol with dimethyl carbonate over calcined Mg-Al hidrotalcites // Synth. Commun. 2000, 30, № 21, p.3929-3924.
6. Индюков Н.М., Майстер Э.И., Агаев А.А. Получение крезолов трансметилированием фенола полиметилбензолами // Докл. АН Азерб ССР 1979, №7, с.51-54.
7. Патент №4085150 США. Способ о-алкилирования фенолов в присутствии смеси оксидов меди, цинка и алюминия в качестве катализатора / Smith William Eduard / опубл в РЖХим, 1978, 24Н127.
8. Агаев А.А., Тагиев Д.Б. Алкилирование фенола метанолом на высококремнеземных цеолитах // ЖПХ, 1985, 59, №5, с.2734-2736.

9. Патент 2275353 Россия. Способ получения N-метиланилина/Горбунов Б.Н., Слепов С.К., Власов С.В., Утробин А.Н., Листин Н.А./ опубл в РЖХим, 06.15 – 19Н106П.
10. Sreekumar K.I., Iyothi T.M., Kiran B.A. Selective monomethylation of aniline using ZnO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / App. Cat. 11/1995, pp.133-142.
11. Рамишвили И.М., Князева Е.Т., Ющенко Н.Н., Пономарева О.А. Алкилирование фенола на модифицированных цеолитах и мезопористых материалах // Нефтехимия, 2005, 45, № 3, с.219-224.
12. Патент № 726867 США. Процесс алкилирования с использованием цеолита UZM-8 / Jan-Deng Jang, Jonson James / опубл в РЖХим, 08-10 – 19Н85П.
13. Кудрявый В.Г., Кондриков Н.Б., Щитовская Е.В., Бузник В.М. Перспективные материалы 2006, № 4, с.36-38.
14. Агаев А.А., Байрамов А.А., Мурадов М.М. Каталитическое метилирование фенола // ЖПХ, 2011, 84 №1, с.107-110.

### РЕЗЮМЕ

#### КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОРАЗМЕРНОЙ ОКСИДНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ АЛКИЛИРОВАНИИ ФЕНОЛА И АНИЛИНА МЕТАНОЛОМ

*Мурадов М.М., Агаев А.А.*

*Ключевые слова: фенол, анилин, метанол, алкилирование, наноразмерный, катализатор, кислотно-основные свойства.*

Обсуждены сравнительные данные реакции алкилирования фенола и анилина метанолом в присутствии наноразмерной рутений-титан оксидной системы. Приведен анализ основных и побочных превращений, имеющих место в процессах, и данные влияния катализатора и разбавителя на эти превращения.

### SUMMARY

#### THE CATALYTIC PROPERTIES OF NANOSCALED OXIDE SYSTEM IN METHANOL ALKYLATION OF PHENOL AND ANILINE

*Muradov M.M., Aghayev A.A.*

*Key words: phenol, aniline, methanol, alkylation, nanoscaled, catalyst, acid-based properties.*

The comparative data of the reaction of alkylation of phenol and aniline with methanol in the presence of nanometric ruthenium-titanium oxide system are discussed. The catalytic properties of nanoscaled oxide system in methanol alkylation of phenol and aniline are analyzed.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	18.10.2017
	Son variant	26.12.2017

UOT 547.313.2

## AROMATİK KARBOHİDROGENLƏRİN İON MAYE TIPLİ KOMPOZİT KATALİTİK SİSTEMLƏRİN İŞTİRAKI İLƏ (OLİQO)ALKİLLƏŞMƏ PROSESLƏRİ

<sup>1</sup>MƏMMƏDOVA YETƏR MUZABBAR qızı

<sup>2</sup>ƏLİYEVƏ REYHAN VƏLİ qızı

<sup>3</sup>QARAYEVƏ ESMİRA MUSTAFA qızı

AMEA, akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu,

1-doktorant, 2-dosent, 3-texnoloq

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

*Açar sözlər: alkilləşmə, aromatik karbohidrogenlər, ion mayeləri*

*Məqalədə “Yaşıl kimya”nın əsas müddəaları sırasına daxil edilmiş ion mayələrinin iştirakı ilə (oligo)alkilaromatik məhsulların alınması üzrə aparılan işlərin qısa icmalı verilmiş, bu sahənin aktual və perspektiv olmasından bəhs edilmişdir.*

Aromatik karbohidrogenlərin olefinlərlə alkilləşməsi kimya sənayesində ən vacib proseslərdən biridir. Ənənəvi olaraq bu reaksiyalarda homogen ( $\text{AlCl}_3$ , HF,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , və s.) [1,2] və heterogen (müxtəlif seolitlər, metal və metal oksidləri, bu səthlərə çəkilmiş turşular və s.) [1,2] tipli katalizatorlardan geniş istifadə olunur. Homogen katalizatorlar yüksək aktivlik nümayiş etdirir, lakin əksər hallarda ekoloji cəhətdən əlverişsiz, korroziya qabiliyyətlidir, təkrar istifadəsi mümkün deyil və məhsullar katalizatorlardan çətinliklə ayrılır. Bu proseslərin aparılmasında istifadə olunan heterogen katalizatorlar isə əksər hallarda aktivlik və selektivlik göstəricilərinin aşağı olması, regenerasiyanın çətin əldə edilməsi kimi çatışmazlıqlar ilə xarakterizə olunur [2].

Son illər bu proseslər üçün “Yaşıl kimya”-nın əsas müddəaları sırasına daxil olan ion mayeləri (İM) alternativ həlledici və katalizatorlar kimi böyük diqqət qazanmışdır. İM-nin təkrar istifadə imkanına malik olması, üzvi birləşmələrlə və metalüzvi katalizatorlarla uyğunluğu, reaksiya məhsulundan asan ayrılma qabiliyyəti çox vacibdir [3-5].

Təqdim olunan qısa icmalda ion mayələrinin son illərdə xüsusən alkilləşmə reaksiyalarında tədqiqi haqqında məlumat verilmişdir. İM-nin iştirakı ilə aromatik karbohidrogenlərin, izo-parafinlərin, feniloksidlərin olefinlərlə, müxtəlif halogenidlərlə (benzil xlorid, asetil xlorid və s.) alkilləşməsi geniş tədqiq olunmuşdur [3-8].

Məlumdur ki, [1, 2] alkilaromatik birləşmələr elm və texnikanın müxtəlif sahələrində, o cümlədən dərman və insektisidlərin sintezində mühüm aralıq birləşmələr, səthi aktiv maddələr və sintetik yuyucu vasitələr, ədviyyat sənayesində qatqılar, səthi aktivliyə malik sulfonatların, təmizləyici, boyayıcı, emulsiyaəmələgətirici, filizlərin xırdalanmasında, nanotexnologiyalarda əsas komponent kimi geniş istifadə olunur.

Alkilləşmə reaksiyalarında, əsasən, xloralüminat tipli ion mayələrindən istifadə olunur. Bu İM metal duzları, oksidləri ilə birgə istifadə olunma, müxtəlif səthlərə çəkilmə imkanlarına malikdir [3-8]. Aşağıda verilən konkret misallarda bu sistemlər, onların iştirakı ilə alınan məhsullar haqqında qısa məlumatlar verilmişdir.

Mənbədə [9] 1-etil-3-metilimidazoliumheksaflüorofosfat ( $[\text{emim}][\text{PF}_6]$ ) və 1-etil-3-metilimidazoliumheksaflüorantimonat ( $[\text{emim}][\text{SbF}_6]$ ) İM dən istifadə edərək aromatik karbohidrogenlərin olefinlərlə alkilləşmə reaksiyalarını aparmışlar. Burada (birgə) katalizator

kimi skandium (III) triflüorometansulfonat ( $[\text{Sc}(\text{OTf})_3]$ ) istifadə olunmuşdur. Nəticədə, olefinin yüksək konversiyası və monoalkilatlar üzrə yüksək selektivlik əldə olunmuşdur.

Benzolun heksen-1 ilə alkilləşməsi trietilaminhidroxlid əsasında alınan ( $[\text{Et}_3\text{NH}][\text{Cl}-\text{FeCl}_3]$ ) və ( $[\text{Et}_3\text{NH}][\text{Cl}-\text{AlCl}_3]$ ) İM-lərin iştirakı ilə aparılmışdır [10]. İM-nin HCl ilə modifikasiyası təmiz monoalkilat məhsulunun alınmasına gətirib çıxarmışdır.

Müəlliflər benzolun 1-oktadesenlə alkilləşməsində butilmetil imidazolium tərkibli ( $[\text{bmim}][\text{Cl}-\text{FeCl}_3]$ ) İM - ni istifadə etmişlər [11]. Bu ion mayesinin istifadəsi  $[\text{bmim}][\text{Cl}-\text{AlCl}_3]$  İM-nə nəzərən monoalkilbenzolların yüksək selektivlik ilə alınmasına gətirib çıxarmışdır.

Toluolun üçlü-butil xloridlə alkilləşməsində alüminium xlorid tipli -  $[\text{Et}_3\text{NH}][\text{Cl}-\text{AlCl}_3]$  İM tətbiq edilmişdir [6]. Nəticədə, p-üçlübutiltoluol 82,5% selektivliklə alınmışdır. İM dəfələrlə təkrar istifadə olunmuş və ilkin katalitik aktivliyini saxlamışdır.

*Michael Driver* və əməkdaşları toluolun və o-ksilolun (oliqo)propilen ilə alkilləşməsini 30-50°C-də metil-üçlü-n-butilammoniumaluminat tipli İM-in iştirakı ilə həyata keçirmişlər [12].

*Qiao* və digərləri benzolun 1-dodesenlə və ya xlorometanla alkilləşməsini HCl – la modifikasiya olunmuş etilmetil imidazolium tərkibli ( $[\text{emim}][\text{Cl}-\text{AlCl}_3]$ ) ion mayesinin iştirakı ilə aparmışlar. Yüksək çevrilmə və selektivlik əldə olunmuşdur [13].

*Wang* və digərləri butilmetilimidazolium tərkibli ( $[\text{bmim}][\text{Cl}-\text{FeCl}_3]$ ) ion mayesinin iştirakı ilə benzolun 1-dodesenlə alkilləşməsini aparmışlar. İon mayesinin turşuluğunun təsiri, miqdarı, benzolun 1-dodesenə molyar nisbəti, reaksiya temperaturu və 1-dodesenin çevrilmə vaxtı, iki izomer üzrə selektivlik araşdırılmışdır. Nəticələr göstərmişdir ki, yalnız turş ion mayeləri katalitik aktivlik göstərir və aktivliyi azalmadan təkrar istifadə oluna bilər. Optimal reaksiya şəraitində 1-dodesenin çevrilmə nisbəti və iki izomerin selektivliyi 34,3 - 100% həddindədir [14].

*Xi* və başqaları benzolun 1-dodesenlə alkilləşməsində müxtəlif alkil qrupları (butil, oktil, dodesil və s.) və müxtəlif halogenid (xlorid, bromid, yodid və s.) kation və anionlarından ibarət 1-alkil-3-metilimidazoliumhalogenid - alüminium xlorid tipli ion mayelərindən istifadə etmişlər. Bütün bu ion mayeləri arasında  $[\text{bmim}][\text{Al}_2\text{Cl}_6\text{Br}]$  İM-nin daha yaxşı katalitik aktivliyə malik olduğu müəyyən edilmişdir [15].

*Zhu* və başqaları xloroalüminat tipli ion mayelərinin iştirakı ilə  $\text{C}_{10}$ - $\text{C}_{13}$  tərkibli olefinlərlə benzolun alkilləşməsini aparmışlar və xətti alkilbenzollar almışlar [16].

*Donq* və başqaları benzolun  $\text{C}_{16}$ - $\text{C}_{18}$  alfa olefinlərlə 1-butil-3-metilimidazolium-xloralüminat ion mayesinin iştirakı ilə alkilləşməsini öyrənmişlər. Otaq temperaturunda 30 dəqiqə ərzində ali olefinin çevrilməsi 98%, 2-alkilbenzolun selektivliyi isə 46 % olmuşdur [17].

Kitabda benzol və ya toluolun  $\text{C}_{20}$ - $\text{C}_{28}$   $\alpha$ -olefinlərlə ion mayeləri iştirakında alkilləşməsi üçün əlverişli proses təklif olunmuşdur. Olefinin çevrilməsi 99,9%-dən, monoalkilbenzol və monoalkiltoluolun selektivliyi isə 85% və 90%-dən yuxarı olmuşdur. Müxtəlif kation tərkibli bromxloroalüminat tipli ion mayeləri iştirakı ilə  $\alpha$ -metilnaftalinin uzun zəncirli alkenlərlə alkilləşməsi araşdırılmışdır. Butilpiridinium bromxloroalüminat ( $[\text{BuPy}][\text{Br}-\text{AlCl}_3]$ ) ion mayesinin daha yaxşı katalitik qabiliyyətli olduğu müəyyən olunmuşdur. Tədqiqatçılar İM-in iştirakı ilə dialkilmalonat, asetoasetatın fenil halogenidlərlə C-alkilləşməsini, kiçik molekullu aminlərin sadə alkilhalogenid və tosilatla N-alkilləşməsini aparmışlar [9].

*L.Y.Piao* və əməkdaşları tərəfindən 1-butil-3-metilimidazoliumxloralüminat ion mayesindən istifadə etməklə monododesildifenil oksid sintez olunmuşdur. Difeniloksidin alfa-dodesenlə alkilləşməsi 80°C- də aparıldıqda, difeniloksidin 1-dodesenə molyar nisbəti 7, 1-dodesenin ion mayeyə molyar nisbəti 2 götürüldükdə ən yüksək çıxım əldə olunur. Reaksiya zamanı daha aşağı temperaturda  $[\text{bmim}][\text{Cl}/\text{AlCl}_3]$  İM - dən katalizator kimi istifadə olunduqda isə monododesil difeniloksidin maksimum çıxımı 90%-ə yaxın olur [18].

*Ying Xiao* və başqaları tərəfindən benzolun alkilhalogenidlərlə 1-etilpiridinium-triflüoroasetat tərkibli ( $[\text{EtPy}]^+[[\text{CF}_3\text{COO}]^- - \text{FeCl}_3]$ ) İM-in iştirakı ilə alkilləşməsi aparılmışdır. Göstərilmişdir ki, yüksək selektivlik 50°C-də əldə olunur [19].

*Sun Xuewen* və əməkdaşları tərəfindən benzolun propilenlə alkülləşməsi  $\text{FeCl}_3$  və xlor-butilpiridinhidroxlid əsasında alınan ion mayesi iştirakı ilə aparılmış və kumol alınmışdır. Göstərilmişdir ki, reaksiyanın ilkin mərhələsində alkülləşmə əsas reaksiyadır, aşağı temperaturda propilenin yüksək konversiyası baş verir, sonrakı mərhələdə transalkülləşmə əsas reaksiya hesab olunur, reaksiyanın temperaturunu müvafiq olaraq artırıqda kumolun selektivliyi artır [20].

*Sun Xuewen* və əməkdaşları izotop mübadilə metodu ilə benzolun 1-dodesenlə alkülləşməsində  $\text{AlCl}_3$ /butil-metilimidazoliumxlid İM-nin katalitik təsir mexanizmini araşdırmışlar. Bu məqsədlə deuteriumlaşmış benzolun ( $\text{C}_6\text{D}_6$ ) 1-dodesenlə alkülləşməsi aparılmış, alınan məhsullar analiz olunmuş, İM-nin əvvəlki və reaksiyadan sonrakı quruluşu araşdırılmışdır [21].

*Curt B. Campbell* və əməkdaşları metiltributilammoniumxloraluminat ion mayesinin iştirakı ilə o-ksilolun  $\text{C}_{14}$ – $\text{C}_{30+}$  alfa – olefinlərlə alkülləşməsini aparmışlar [22].

*LV Chunsheng* və əməkdaşları  $[\text{Et}_3\text{NH}][\text{Cl}-\text{AlCl}_3]$  ion mayesi iştirakı ilə benzol və desen – 1 – in alkülləşməsi və desen – 1 – in oliqomerləşməsi ilə sürtkü yağları almışlar. Alkülləşmə məhsulları əsasən dialkilbenzol və desen–1–in pentamer, tetramerindən ibarət olmuşdur. Alınan məhsullar yüksək özlülük indeksinə (114 – 164), aşağı donma temperaturuna (mənfi 48 – mənfi 62 °C), orta molekul kütləsinə (425 – 620) malik olmuşdur [23].

İcmalda müəlliflər tərəfindən İM - dən istifadə etməklə müxtəlif aromatik birləşmələrin alkülləşmə reaksiyaları geniş təsvir olunmuşdur [24].

İcmalda ion mayelərinin sintezi, tətbiqi haqqında geniş məlumatlar verilmişdir. Burada müxtəlif alkülləşmə reaksiyaları, o cümlədən fenol və annizolun alkülləşməsi üçün istifadə oluna bilən İM əhatəli təsvir edilmişdir. İon mayelərinin mineral turşularla müqayisəli olaraq xassələri araşdırılmışdır [25].

*Huping Luo* və əməkdaşları xloroaluminat İM-lərinin iştirakı ilə izoparafinlərin və aromatik karbohidrogenlərin olefinlərlə alkülləşməsini aparmışlar. Göstərilmişdir ki, İM-də bifazalı kataliz nəticəsində yüksək nəticələr əldə etmək mümkündür və katalitik sistem hətta bərk turşularla birgə dəfələrlə təkrar istifadə oluna bilər [26].

Qeyd etmək lazımdır ki, alkülləşmə reaksiyalarında fərdi İM-dən başqa, onların metal və metal oksidləri, şüşə, aktivləşmiş karbon və s. üzərinə hopdurulmuş, silikagel, MCM – 41, selolitlərlə calanmış formalarından da geniş istifadə etmək olar [27]. Silisium oksidi üzərinə hopdurulmuş İM müxtəlif aromatik birləşmələrin (benzol, toluol, m-ksilol və s.) asetil xloridlə və ya onun anhidridləri ilə alkülləşməsində və asilləşməsində də geniş istifadə edilmişdir. Silikat və alümosilikat tərkibli mezoməsaməli materiala (MCM-41) hopdurulmuş ion mayesindən -  $[\text{((EtO)}_3\text{Si)}^3\text{C}_3\text{C}_{10}\text{im}][\text{FeCl}_4]$  benzolun benzilxloridlə alkülləşməsi reaksiyasında istifadə olunması haqqında məlumatlar verilmişdir.

*Shen* və başqaları fenolun üçlübutil spirti ilə  $[\text{bmim}]\text{PF}_6$ , 1-metil-3-oktilimidazolium tetrafluoroborat  $[\text{omim}]\text{BF}_4$  və digər ion mayələrində, bərk turşular və onların səthə çəkilmiş formaları iştirakı ilə alkülləşməsi üzrə müqayisəli tədqiqatlar aparmışlar. Göstərilmişdir ki, bu şəraitdə 2,4-di-üçlübutilfenolun selektivliyini 64,9%-ə qədər artırmaq olar [28].

Uzun zəncirli ( $\text{C}_{11}$ ,  $\text{C}_{12}$  olefinlər) alkenlərlə  $\alpha$  - metilnaftalinlərin ion maye və seolit katalizatorları ilə alkülləşməsi araşdırılmışdır. Uzun zəncirli olefinlərin yüksək çevrilməsi və monoalkilnaftalinlərin yüksək selektivliyi əldə olunmuşdur [9].

Müəlliflər tərəfindən icmalda silisium oksidi üzərinə çəkilmiş xloraluminat tipli ion mayeləri Fridel – Krafts reaksiyalarında geniş araşdırılmışdır. Yüksək selektivliyə malik (98%) monoalkilat məhsullar əldə olunmuşdur [29].

*De Castro* və başqaları  $[\text{bmim}][\text{Cl}-\text{AlCl}_3]$  ion mayesini silisium və alüminium oksidi səthlərinə hopdurmaqla alkülləşmə reaksiyasında istifadə etmişlər. Reaksiyalar fasiləsiz maye faza və fasiləsiz qaz-faza sistemli xüsusi tipli reaktorda ("batch reaktor") aparılmışdır. Benzolun dodesenlə alkülləşməsində səthə çəkilmiş ion mayeləri daha yaxşı aktivlik göstərmişdir [30,31].

Joni və əməkdaşları silisium oksidi səthinə çəkilmiş xloroaluminat tipli İM - dən istifadə etməklə suspenziyada kumolun alkilləşməsini aparmışlar və burada katalizatorun yüksək selektivlik və aktivlik göstərdiyini müşahidə etmişlər [32].

İon mayələrinin alkilləşmə proseslərində istifadəsinin perspektiv olmasını, onların istifadəsi ilə aparılan sənaye prosesləri də bir daha təsdiq edir. Belə ki, Çində hal-hazırda fəaliyyət göstərən "İoniklylation" prosesində xloroalüminat tipli ion mayələrindən və onların mis duzları ilə modifikasiya olunmuş formalarından geniş istifadə edilir. Bu ion mayələri ilə izobutanın 2-buten ilə və ya etilen ilə alkilləşməsi aparılır [7].

Qeyd etmək lazımdır ki, son illərin patent ədəbiyyatının [33-43] araşdırılması müvafiq sahənin aktuallığını bir daha göstərir. Bu patentlərin çoxunun lisenziyası qabaqcıl sənaye firmaları və şirkətləri tərəfindən tətbiq olunmaq üçün alınır. Belə firmalardan biri də *Azko Nobel* olmuşdur. Bu patentdə benzolun 1-dodesenlə xloroalüminat tipli İM-in iştirakı ilə alkilləşmə proseslərindən bəhs edilir [7].

İon mayələrinin müxtəlif neft-kimya proseslərində, o cümlədən aromatik karbohidrogenlərin olefinlərlə alkilləşməsində tədqiqi sahəsində AMEA-nın akademik Y.H.Məmmədaliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunda da uğurlu araşdırmalar aparılmış [3, 44-57] və yüksək elmi nəticələr əldə edilmişdir.

Beləliklə, bu kiçik icmaldan görünür ki, ion mayələri müxtəlif alkilləşmə prosesləri üçün ikifazlı sistemlərdə əlverişli mühitlər, həlledicilər, (birgə) katalizatorlar kimi geniş istifadə oluna bilən maddələrdir və gələcək üçün geniş perspektivlərə malikdir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Royston M. Roberts, Alí Alí Khalaf - Friedel-Crafts alkylation chemistry. 1984, 790 p.
2. Catalysis – Edited by S.S.Spivey and K.M.Dooley, V.23, The Royal Society of Chemistry. 2011, 344 p.
3. А.Г.Азизов, З.Г.Асадов, Г.А.Ахмедова. Ионные жидкости и их применение. Баку: ЭЛМ 2010, 580 с.
4. H. Niedermeyer, Jason P. Hallett and T. Welton *et al.* Mixtures of ionic liquids // *Cite this: Chem. Soc. Rev.*, 2012, V.41, pp.7780-7802.
5. Kokorin A. Ionic liquids: Applications and perspectives / *InTech*, 2011, 674 p.
6. Chen Han, Luo Guohua, Xu Xin, Wang Yanli, Xia Jiajia. Et<sub>3</sub>NHCl-AlCl<sub>3</sub> Ionic Liquids as Catalyst for Alkylation of Toluene with 2-Chloro-2-methylpropane // *China Petroleum Processing and Petrochemical Technology*, 2013, V.15, No.1, pp. 54-60.
7. H. Olivier-Bourbigou, L. Magna, D. Morvan. Ionic liquids and catalysis: Recent progress from knowledge to applications // *Applied Catalysis A: General*, Review article, 2010, V.373, pp.1-56.
8. Zhong-Kui Zhao, Wei-Hong Qiao, Zong-Shi Li, Gui-Ru Wang, L'u-Bo Cheng. Friedel-Crafts alkylation of  $\alpha$  - methyl-naphthalene in the presence of ionic liquids // *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 2004, V.222, pp.207-212.
9. Green Solvents II: Properties and application of Ionic Liquids – 506 p./ Editors – Ali Mohammad, Inamuddin / Zhongkui Zhao and Yitao Dai / Chapter 2: Ionic Liquids as Green Solvents for alkylation and acylation, 2012, pp.33-66, Springer Science+Business Media Dordrecht.
10. Li-Juan Jia, Yuan-Yuan Wang, Hui Chen *et al.* Alkylation of benzene with 1-hexene in acidic ionic liquid systems: Et<sub>3</sub>NHCl – FeCl<sub>3</sub> and Et<sub>3</sub>NHCl – AlCl<sub>3</sub> ionic liquids // *Reaction Kinetic and Catalysis Letters*, 2005, V.86, i. 2, p. 267-273.
11. Sun Xuewen and Zhao Suoqi. [bmim]Cl/[FeCl<sub>3</sub>] Ionic Liquid as Catalyst for Alkylation of Benzene with 1-Octadecene // *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 2006, V.4, i.3, pp.289-293.

12. Michael Driver, Curt B. Campbell, Thomas V. Harris. Method of making an alkylated aromatic using acidic ionic liquid catalyst, US patent, US 7,732,651 B2, Jun. 8, 2010.
13. Congzhen Qiao, Yonghong Cai, Quanhui Guo. Benzene alkylation with long chain olefins catalyzed by ionic liquids: a review // *Front. Chem. Eng. China*, 2008, V.2, i.3, pp.346-352
14. Wang X. Synthesis of linear alkylbenzene catalysed by ionic liquid // *Advances in fine petrochemicals*(in Chinese), 2005, 6(2): pp.34-37.
15. Xi L., Peng P., Duan Q., Lu W. Continuous process of arene alkylation over ionic liquid catalyst // *Petrochemical Technology*(in Chinese), 2005, 34(8): pp.725-728.
16. Zhu H., Cao Z., Wu R., Mu X. Synthesis of linear alkylbenzene catalysed by chloroaluminate ionic liquid // *Advances in fine petrochemicals* (in Chinese), 2007, 8(2): pp.1-4.
17. Dong B, Wu Q, Han M, Xin H. Alkylation of benzene with C<sub>16</sub>–C<sub>18</sub> olefins catalyzed by [Bmim]Cl/AlCl<sub>3</sub> ionic liquid // *The Chinese Journal of Process Engineering*(in Chinese), 2007, 7(1): pp.59-62.
18. L.Y.Piao, X.Fu, Y.L.Yang, G.H.Tao, Y.Kou. Alkylation of diphenyl oxide with a-dodecene catalyzed by ionic liquids // *Catalysis Today*, 2004, V.93-95, pp.301-305.
19. Ying Xiao. Study of organic reactions in pyridinium - based ionic liquids / A Dissertation Submitted to the Faculty of New Jersey Institute of Technology in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Chemistry, January 2006.
20. Sun Xuewen, Zhao Suoqi, Li Hui. Alkylation of benzene with propylene catalyzed by FeCl<sub>3</sub>-chloropyridine ionic liquid // *Front. Chem. Eng. China*, 2007, 1(3), pp.292-295.
21. Sun Xuewen and Zhao Suoqi. Revealing the catalytic mechanism of an ionic liquid with an isotope exchange method // *Pet.Sci*, 2011, 8: pp.495-501.
22. Curt B. Campbell, Thomas V. Harris, Gilles Sinquin. Method of making an alkylated aromatic using acidic ionic liquid catalyst, US patent, US 8,524,965 B2, 2013.
23. LV Chunsheng, Yan Zilong, Xu Yunfei, Chen Yi, Weng Hanbo. Synthesis of High Performance Lubricating Oil with Alkylation of Decene and Benzene Catalyzed by Ionic Liquid//*Acta Petrolei Sinica* ( Petroleum processing section ), 2012,V.28, i.6, pp.1025-1030.
24. Ziyauddin S. Qureshi, Krishna M. Deshmukh, Bhalchandra M. Bhanage. Applications of ionic liquids in organic synthesis and catalysis // Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013
25. Rajni Ratti. Ionic Liquids: Synthesis and Applications in Catalysis // Hindawi Publishing Corporation *Advances in Chemistry* V.2014, Article ID 729842, p.16.
26. Huping Luo. Ionic liquid catalyzed alkylation processes and systems, US patent, US 2013/0066130 A1, 2013.
27. Rita Skoda-Földes. The Use of Supported Acidic Ionic Liquids in Organic Synthesis // *Molecules*, 2014, 19(7), p.8840-8884.
28. Shen HY, Judeh ZMA, Ching CB *et al.* Comparative studies on alkylation of phenol with tert -butyl alcohol in the presence of liquid or solid acid catalysts in ionic liquids // *J Mol Catal A: Chem*, 2004, V.212, pp.301-308.
29. Hu Li, Pinaki S. Bhadury, Baoan Song and Song Yang. Immobilized functional ionic liquids: efficient, green, and reusable catalysts // *The Royal Society of Chemistry*, 2012, 2, i.33, p.12525–12551.
30. C. DeCastro, E. Sauvage, M. H. Valkenberg *et al.* Immobilised Ionic Liquids as Lewis Acid Catalysts for the Alkylation of Aromatic Compounds with Dodecene // *Journal of Catalysis*, 2000, V.196, pp.86-94.
31. Christian P. Mehnert . Supported Ionic Liquid Catalysis // *Chem. Eur. J.*, 2005, V.11, i.1, pp.50-56.
32. J. Joni, M. Haumann, and P. Wasserscheid. Development of a Supported Ionic Liquid Phase (SILP) Catalyst for Slurry-Phase Friedel–Crafts Alkylations of Cumene // *Adv. Synth. Catal.*, 2009, V.351, i.3, pp.423–431.



33. Patent US, 9,512,080, December 6, 2016.
34. Patent US, 9,522,859, December, 2016.
35. Patent US, 9,346,042, May, 2016.
36. Patent US, 9,399,604, 2016.
37. Patent US, 9,435,779, 2016.
38. Patent US, 9,452,425, 2016.
39. Patent US, 9,458,327, 2016.
40. Patent US, 9,464,239, 2016.
41. Patent US, 9,522,858, 2016.
42. Patent US, 9,550,706, 2017.
43. Patent US, 9,522,863, 2016.
44. Azizov A. H., Aliyeva R. V., Seidova Kh.H. *et al.*, Oligomerization and alkylation decene-1 in the presence chloroaluminate ionic liquids // American Journal of Chemistry and Application, 2015, 2(3), pp.21-26.
45. Seyidova X.H., Xloralüminat tipli katalitik sistemlərdə desen-1-in (oliqo)alkilləşməsi // Gənc alimlərin elmi əsərləri, 2013, № 8, s.51-55
46. Seyidova Kh.H., Azizov A.H., Aliyeva R.V. *et al.*, "Theoretical and experimental studies processes oligomerization and alkylation C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> α-olefins in the present ionic-liquid catalytic systems", International Conference Molecular Complexity in Modern Chemistry "MCMC-2014", M.: 2014, September 13-19, pp.316.
47. Azizov A.H., Aliyeva R.V., Seidova Kh.H. *et al.*, Kinetic regularities of oligomerization of decene-1 in the presence of the ionic liquid of chloroaluminate type // American Journal of Chemistry and Materials Science, 2014, 1(3) pp.18-23 (online).
48. Seyidova Kh.H., Azizov A.H., Aliyeva R.V. *et al.*, NMR spectroscopic studies oligoalkylat products obtained by alkylation of toluene with 1-decene in the presence of ionic liquids catalytic systems, 1<sup>st</sup> International Scientific Conference dedicated to the oil workers Day of Azerbaijan Republic and 20<sup>th</sup> anniversary of the Century of young scientists and specialists "The role of multidisciplinary approach in solution of actual problems of fundamental and applied sciences (earth, technical and chemical)", Baku, 2014, 15-16 October, pp.288-289.
49. Seyidova X.H., Əliyeva R.V., Abdullayeva A.M., Toluolun desen-1 ilə ion mayeləri iştiraki ilə (oliqo)alkilləşməsi / Ümumilli lider Heydər Əliyevin 91 illik yubileyinə həsr olunmuş doktorant, magistr və gənc tədqiqatçıların "Kimyanın aktual problemləri" VIII Respublika Elmi Konfransı, 07-08 may. Bakı: BDU, 2014, s.146.
50. Seyidova X.H., İon mayeləri iştiraki ilə alınan (oliqo)alkilaromatik yağ fraksiyalarının DSK vasitəsilə tədqiqi / Ümumilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 92-ci ildönümünə həsr olunmuş "Müasir biologiya və kimyanın aktual problemləri" Elmi Praktiki Konfransı, 05-06 may, Gəncə: 2015, s.320-324.
51. Azizov A.H., Aliyeva R.V., Seyidova Kh.H., (Oligo)alkylation of toluene with alpha-olefins in the presence of ionic liquids, International Turkic World Conference on Chemical Sciences and Technologies "ITWCCST", Sarayev, 2015, OR-124, pp. 153
52. Əliyeva R.V., Məmmədova Y.M., Bağirova Ş.R., Məmmədli R.Z. Riforminq benzin fraksiyasının xloralüminat tipli ion mayeləri iştiraki ilə C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub> α-olefinlərlə (oliqo)alkilləşməsi / Gənc alimlərin I Beynəlxalq Elmi Konfransı, 17-18 oktyabr. Gəncə: 2016, s.257.
53. Əliyeva R.V., Məmmədova Y.M., Qarayeva E.M., Xəlil X.S. o-Ksilolun xloralüminat tipli ion mayeləri iştiraki ilə (oliqo)alkilləşməsi. / Akademik M.F.Nağıyev adına Kataliz və qeyri – üzvi kimya institutunun 80 illiyinə həsr olunmuş konfrans. Bakı: 2016, s.371-372.
54. Əliyeva R.V., Məmmədova Y.M., Seyidova X.H., Bağirova Ş.R. Pirokondensatdan alınan fraksiyaların (80-145°C) xloralüminat ion mayeləri iştiraki ilə (oliqo)alkilləşməsi. / Neft kimyası üzrə IX Bakı Beynəlxalq Məmmədəliyev Konfransı, 4-5 oktyabr. Bakı: 2016, s.129

55. Азизов А.Г., Алиева Р.В., Мамедова Е.М., Багирова Ш.Р., Сеидова Х.Г. (Олиго)алкилирование фракции Бакинских нефтей  $C_6-C_{12}$   $\alpha$ -олефинами в присутствии ионных жидкостей. /Актуальные проблемы нефтехимии, V Российская конференция, 18-21 октября. Звенигород: 2016, с.165-166.
56. Алиева Р.В., Мамедова Е.М., Сеидова Х.Г., Караева Э.М., Халил Х.С., Азизбейли Э.И. (Олиго)алкилирование бензола и толуола  $C_6-C_{12}$   $\alpha$ -олефинами в присутствии ионно-жидкостных каталитических систем. /Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия. X Международная Научная Конференция. 17-18 февраля. США, Северный Чарльстон, Южная Каролина, 2016, с.8-13.
57. R.V.Əliyeva, Y.M. Məmmədova, X.H. Seyidova, E.M.Qarayeva, R.Z.Məmmədli İon maye katalitik sistemlər iştirakı ilə (oliqo)alkilləşmə prosesləri /Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 93-cü il dönümünə həsr olunmuş “Müasir kimya və biologiyanın aktual problemləri” Beynəlxalq Elmi Konfrans. 12-13 may. Gəncə: 2016, s.84-86.

#### РЕЗЮМЕ

### ПРОЦЕССЫ (ОЛИГО)АЛКИЛИРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРИСУТСТВИИ КОМПОЗИТНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИОННО-ЖИДКОСТНОГО ТИПА

*Мамедова Е.М., Алиева Р.В., Караева Э.М.*

**Ключевые слова:** (олиго)алкилирование, ароматические углеводороды, ионные жидкости.

В статье приведен краткий обзор проводимых работ по получению (олиго)алкилароматических продуктов в присутствии ионных жидкостей, входящих в ряд основных аспектов «Зеленой химии». Отмечается актуальность и перспективность этой области.

#### SUMMARY

### (OLIGO)ALKYLATION PROCESSES OF AROMATIC HYDROCARBONS IN THE PRESENCE OF IONIC LIQUID TYPE COMPOSITE CATALYTIC SYSTEMS

*Mammadova Y.M., Aliyeva R.V., Garayeva E.M.*

**Key words:** (oligo)alkylation, aromatic hydrocarbons, ionic liquids.

In the article brief overview of conducted work was given for obtaining (oligo)alkylaromatic products in the presence of ionic liquids which was included in the list of the main aspects of “Green chemistry”. Also, actuality and perspective of this field have been described.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	13.02.2017
	Son variant	26.12.2017

УДК. 547.233.07

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ АЦЕТИЛЕНОВЫХ АМИНОСПИРТОВ, ОБЛАДАЮЩИХ ПОВЫШЕННЫМИ АНТИКОРРОЗИЙНЫМИ СВОЙСТВАМИ В КИСЛОЙ СРЕДЕ

<sup>1</sup>ГАХРАМАНОВ РАШИД ФАРРУХ ОГЛЫ<sup>1</sup>ОРУДЖЕВ КЯМАЛ ДЖАНАХМЕД ОГЛЫ<sup>2</sup>ШАХГЕЛДИЕВ ФИЗУЛИ ХАНАЛИ ОГЛЫ<sup>3</sup>МАМЕДОВА АЙНУР АЛИМ КЫЗЫ*Сумгаитский государственный университет,**1-доцент, 2-научный сотрудник, 3-преподаватель**aynur\_tamedova\_74@mail.ru*

**Ключевые слова:** *аминоспирты ацетиленового ряда, ингибитор, кислая среда, адсорбция, коррозия, скорость коррозии, коррозионная площадь, степень защиты.*

**Введение.** Данная работа посвящена получению циклических ацетиленовых аминоспиртов и исследованию их ингибирующих свойств. Содержание в молекуле этиленовых, ацетиленовых, гидроксильных и аминных групп сравнительно лучше обеспечивают адсорбцию ингибитора на стали. Анализы результатов проводимых серийных опытов показывают, что ингибирующее действие полученного соединения заметно превосходит известные. Таким образом добились расширения ассортимента известных ингибиторов.

Известно, что по своему физико-химическому и химическому свойствам аминоспирты имеют большое практическое значение и представляют значительный интерес в качестве потенциальных биологически активных соединений. Благодаря двум реакционноспособным центрам, имеющимся в составе аминоспиртов, они нашли в больших масштабах применение в области фармакологии, в качестве пестицидов в сельском хозяйстве, в качестве поверхностно-активных веществ в народном хозяйстве, в качестве присадок к топливам в автомобильной промышленности, в качестве антикоррозионных ингибиторов в химической и нефтехимической технологии, а также в качестве антикоррозионных ингибиторов при разработке железо-бетонных конструкций и т.д. [1].

Технологические процессы, связанные с обработкой металлов в растворах кислот в машиностроении и металлургии, в химической и нефтехимической промышленности характеризуются потерями металлов в результате их коррозионного разрушения [2].

Применение ингибиторов коррозии – наиболее рациональный путь для защиты оборудования и изделий, находящихся в замкнутом объеме коррозионной среды. Имеющийся на сегодняшний день ассортимент ингибиторов недостаточен для обеспечения потребности промышленности. Кроме того, многие известные ингибиторы токсичны, либо проявляют защитные свойства в узком диапазоне условий протекания коррозионных процессов [3].

В связи с этим, поиск новых, нетоксичных, эффективных и технологичных ингибиторов актуален и в настоящее время. Настоящая научно-исследовательская работа является продолжением и развитием исследований по синтезу малотоксичных аминоспиртов с повышенными антикоррозионными свойствами. Следует также отметить, что полученное соединение, вследствие наличия в их молекуле активных функциональных групп, представляют большой научный и практический интерес.

Известны ацетиленовые амины и аминоспирты, обладающие физиологически активными свойствами. Из литературных и патентных источников имеются также

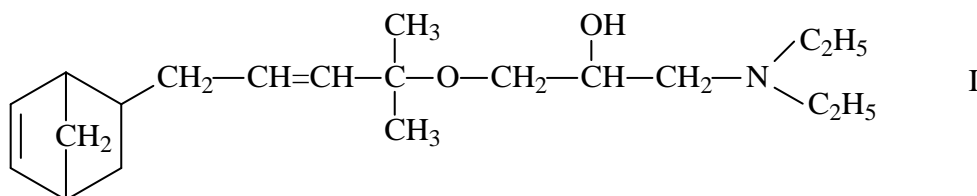
сведения об ингибирующем свойстве некоторых аминоспиртов ацетиленового ряда нормального строения в кислых средах нефтяных скважин [4].

Однако, ингибирующие свойства циклических ацетиленовых аминоспиртов, к которым относится описываемое вещество 5-[4-метил-(2-окси-3-диэтиламинопропокси)-2-пентинил]-бицикло-(2,2,1)-гептен-2 в литературе не описаны.

Известно, что применение аминов в качестве ингибитора коррозии стали в 25%-ном растворе серной кислоты при 60<sup>0</sup>С степень защиты (Z) составляет 57±2%, а при 80<sup>0</sup>С 14±1%, что и свидетельствует о недостаточной эффективности ингибитора в данных условиях. Такие ингибиторы в промышленности называют АНПО-смесь алифатических аминов, общая формула которых R-NH<sub>2</sub>, R-алr C<sub>15</sub>-C<sub>18</sub> [5].

Целью данной работы является синтез нового соединения аминоспирта, обеспечивающего его более высокую ингибирующую активность в кислой среде и расширение ассортимента ингибиторов кислотной коррозии стали [6].

Химическая формула нового синтезированного аминоспирта выглядит следующим образом:



Поставленная цель достигается использованием данного вещества, содержащего в структуре молекулы неперекрывающиеся связи (этиленовую и ацетиленовую), гидроксильную и аминную группы в качестве ингибитора коррозии стали в серной кислоте.

Известно, что 5-[4-метил-4-(2-окси-3-диэтиламинопропокси)-2-пентинил]-бицикло-(2,2,1)-гептен-2 получают диеновой конденсацией 6-метил-6-(2-окси-3-диэтиламинопропокси)-1-гептен-4-ина с циклопентадиеном в эквимолярном соотношении при 165-170<sup>0</sup>С в течение 7 часов. При этом выход продукта составляет 86,4% (по теории). Кроме того, указанное вещество с выходом 82% получен при взаимодействии 5-[4-метил-4-глицидокси-2-пентинил]-бицикло-(2,2,1)-гептена-2 с диэтиламином.

#### Экспериментальная часть.

**I. Получение 5-[4-метил-4-(2-окси-3-диэтиламинопропокси)-2-пентинил]-бицикло-(2,2,1)-гептен-2.** а) Смесь 7,6 г (0,03 моль) 6-метил-6-(2-окси-3-диэтиламинопропокси)-1-гептен-4-ина и 2 г (0,03 моль) циклопентадиена нагревают в присутствии 0,6 г гидрохинона в запаянной ампуле в течение 7 часов при температуре 165-170<sup>0</sup>С

Вакуумной разгонкой выделяют 8,3 г 5-[4-метил-4-(2-окси-3-диэтиламинопропокси)-2-пентинил]-бицикло-(2,2,1)-гептен-2 с  $T_{\text{кип.}}=157-158^{\circ}\text{C}$  (I мм),  $n_D^{20} = 1,4890$ ;  $d_4^{20} = 0,9716$ ;  $MR_D = 94,78$ ; вычислено 95,68. Выход продукта 86,45%. Найдено (%) C-75,20; H-10,46; N-4,46 C<sub>20</sub>H<sub>33</sub> NO<sub>2</sub>. Вычислено (%) C-75,24; H-10,35; N-4,38 ИКС (см<sup>-1</sup>) 34,50; 1090 (OH); 2240 (C≡C); 1590, 1645 (C=C).

б) В трехгорлую колбу помещают 3,7 г (0,05 моль) диэтиламина, 5 г (0,02 моль) 5-[4-метил-4-глицидокси-2-пентинил]-бицикло-(2,2,1)-гептена-2 и затем добавляют 15 мл диоксана и 8 мл воды. Смесь в колбе перемешивают с нагреванием при 50-55<sup>0</sup>С в течение 5 часов. Затем продукт реакции насыщают едким калием, экстрагируют эфиром, сушат безводным едким калием и разгоняют в вакууме. Выделено 7,13 г (82% от теории) 5-[4-метил-4-(2-окси-3-диэтиламинопропокси)-2-пентинил]-бицикло-(2,2,1)-гептена-2 с  $T_{\text{пл.}}=156,5-158^{\circ}\text{C}$  (I мм),  $n_D^{20} = 1,4880$ ;  $d_4^{20} = 0,9710$ .

**II.** Количественную оценку ингибирующей способности описываемого вещества проводят гравиметрическим методом (по потере массы корродирующего образца за одинаковое время в растворах, соответственно, чистой и ингибированной кислот). Испытания проводят с пластинками из малоуглеродистой стали марки Ст. 3 размером 30×20×3 мм. Перед каждым опытом, образец полировали механическим способом до

получения блестящей однородной поверхности, обезжиривали спиртом и ацетоном. Агрессивной коррозионной средой служили 5;15 и 25% раствора серной кислоты. Измерения проводили при температурах 20<sup>0</sup>С, 60<sup>0</sup>С и 80<sup>0</sup>С. Время испытания 2 часа. Ингибированные растворы готовили непосредственно перед опытом. Количество параллельных испытаний равно 3. Для количественной оценки коррозионной стойкости стали использовали усредненные значения наиболее воспроизводимых результатов. Результаты испытания приведены в таблице.

**Таблица**

*Эффективность ингибитора коррозии стали в серной кислоте*

Концентр.ингибит. соедин.формул		Конц. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20 <sup>0</sup> С			60 <sup>0</sup> С			80 <sup>0</sup> С		
1	2		к	z	γ	к	z	γ	к	z	γ
Без добавки С добавкой	0,05	5%	5,1 1,4	- 72,5	- 3,6	49,1 17,9	- 63,5	- 2,8	156,7 63,5	- 59,5	- 2,5
Соединения формулы I	0,1 0,2		0,7 0,65	86,2 87,2	7,3 7,8	4,9 2,75	90,1 94,9	10,0 17,8	43,0 41,1	72,5 73,7	3,6 3,8
Без добавки С добавкой	0,05	15%	7,9 1,9	- 75,9	- 4,1	93,6 27,2	- 70,9	- 3,4	332,6 156,2	- 53,0	- 2,1
Соединения формулы I	0,1 0,2		1,2 0,9	84,8 88,6	6,6 8,8	6,4 3,7	93,2 96,0	14,6 25,3	126,1 96,1	62,1 71,1	2,6 3,4
Без добавки С добавкой	0,05	25%	10,7 1,7	- 84,1	- 6,3	170,8 37,2	- 78,2	- 4,6	736,8 351,2	- 51,6	- 2,07
Соединения формулы I	0,1 0,2		1,4 0,9	86,9 91,6	7,6 11,9	16,1 14,7	90,6 91,4	10,6 11,6	312,5 290,6	57,0 60,0	2,3 2,5

К—скорость коррозии, г/м<sup>2</sup>час, определяемая формулой  $K = \frac{m_0 - m_1}{\tau}$ ; г/м<sup>2</sup>час, m<sub>0</sub>-m<sub>1</sub>—вес образца до и после коррозионных испытаний, г; τ—время испытания, часы; S—площадь образцов, м<sup>2</sup>; Z—степень защиты от коррозии

$$Z = \frac{K_0 - K_1}{K_0} \cdot 100\%$$

K<sub>0</sub> и K<sub>1</sub>—скорость коррозии в отсутствии и присутствии ингибитора

γ—коэффициент торможения коррозии, определяемой по формуле  $\gamma = \frac{K_0}{K_1}$

**Результаты и их обсуждение.** Как видно из результатов испытаний, которые приведены в табл., с увеличением концентрации описываемого соединения в серной кислоте степень защиты увеличивается независимо от значения концентрации (5,15,25%) и температуры (20,60,80<sup>0</sup>С). В среде серной кислоты описываемое вещество по ингибирующему действию заметно превосходит известные, что может быть объяснено содержанием в структуре молекулы данного соединения непредельной связи (этиленовая и ацетиленовая), гидроксильной и аминной группы, обеспечивающей сравнительно лучшую адсорбцию ингибитора на стали. В 25%-ном растворе серной кислоты при 60<sup>0</sup>С степень защиты (Z) для известного описываемого вещества составляет 57±2% и 78,2%, а при 80<sup>0</sup>С 14±1% и 51,6% ,соответственно.

**Выводы.** Анализируя полученные результаты можно сделать вывод о том, что 5-[4-метил-4-(2-окси-3-диетиламинопропокси)-2-пентинил]-бицикло-(2,2,1)-гептен-2 может быть использован в качестве ингибитора кислотной коррозии. Повышение ингибирующего действия данного вещества, объясняется содержанием в молекуле непредельных связей, гидроксильной и аминной группой, которые обеспечивают лучшую адсорбцию

ингибитора на стали. С увеличением концентрации полученного продукта в кислой среде, степень защиты увеличивается независимо от значения концентрации и температуры данной среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Старовойтов Е.В. Автореферат дисс. на соискание ученой степени канд.хим.наук М.: 2008. с.3-5
2. Ингибиторы коррозии металлов в кислых средах: Справочник / Е.С.Иванов. М: Металлургия, 1986, 173 с.
3. Решетников С.М. Ингибирование кислотной коррозии металлов. Ижевск: Удмуртия, 1980, 128 с.
4. Моррисон С. Химическая физика поверхности твердого тела, М.: Мир, 1980, 415, 123 с.
5. Авт.свид. №750967. Велиев М.Г. и др. 28 март 1980.
6. Митина А.П. Некоторые вопросы ингибирования коррозии и пути их решения // Второй Международный Конгресс Защита-95: тезисы докл. М.: 1995, 117-118 с.

#### XÜLASƏ

### TURŞ MÜHİTDƏ YÜKSƏK ANTİKORROZIYA XASSƏSİNƏ MALİK TSİKLİK ASETİLEN SİRASI AMİNSPİRTLƏRİN SİNTEZİ VƏ TƏDQIQI

*Qəhrəmanov R.F., Orucov K.C., Şahgəldiyev F.X., Məmmədova A.A.*

**Açar sözlər:** *asetilen sırası tsiklik aminspirtlər, inhibitor, turş mühit, adsorbsiya, korroziya, korroziya sürəti, korroziya sahəsi, mühafizə dərəcəsi.*

Hazırki iş asetilen sırası aminspirtlərin alınmasına və onun turş mühitdə inhibitor xassəsinin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Tərkibində etilen, asetilen, hidroksil və amin qruplarının olması, inhibitorun polad tərəfindən yaxşı adsorbsiya olunmasını təmin edir. Çoxsaylı təcrübələrdən alınmış nəticələrin analizi göstərir ki, alınmış maddənin inhibitor xassəsi məlum inhibitorlarından daha yüksəkdir. Eyni zamanda məlum inhibitorların çeşidinin artırılmasına nail olunmuşdur.

#### SUMMARY

### INVESTIGATION AND SYNTHESIS OF CYCLIC ACETYLENIC AMINO ALCOHOLS POSSESSING INCREASED ANTICORROSIVE MEANS IN ACIDIC MEDIUM

*Gahramanov R.F., Orujov K.J., Shahgeldiyev F.Kh., Mammadova A.A.*

**Key words:** *amino alcohols of the acetylene series, inhibitor, acidic medium, adsorption, corrossion, corrosion rate, corrosion area, degree of protection.*

The present research is about the identification of cyclic acetylenic amino alcohol and investigation of its inhibitor feature in acidic medium. The existence of ethylene, acetylene, hydroxyl and amino groups in the content of inhibitor provides its adsorption by steel. The analysis of outcomes through the numerous experiments shows that inhibitor feature of identified substance exceeds the features of the known ones. Meanwhile, increase of the range of known inhibitors has been achieved.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	03.02.2017
	Son variant	26.12.2017

UOT 547.447.3; 542.951.1

## ANTİKORROZIYA XASSƏLİ MÜXTƏLİF TƏRKİBLİ KOMPOZİSİYALARIN STANDART METAL NÜMUNƏLƏR ÜZƏRİNDƏ TƏDQIQI

**AĞAZADƏ YEGANƏ CAMAL qızı***AMEA Y.H.Məmmədaliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu, doktorant*  
[yeqana.aqazade@mail.ru](mailto:yeqana.aqazade@mail.ru)

**Açar sözlər:** konservasiya mayeləri, korroziya, inhibitor, təbii neft turşusu (TNT), maye kauçuk, nitrobirləşmə.

*Korroziyadan müdafiə vasitəsi kimi T-30 turbin yağı mühitində maye kauçuk və müxtəlif tərkibli inhibitorlardan konservasiya mayeləri hazırlanaraq tədqiq olunmuşdur. İnhibitor kimi TNT-nin 310-360°C temperaturda qaynayan fraksiyasının Ni, Co, Zn, Mg və Ba duzlarının  $\alpha$ -olefin əsaslı nitrotörəmələrlə qarşılıqlı kompleksindən istifadə olunmuşdur. Alınmış kompozisiyaların fiziki-kimyəvi xassələri tədqiq edilmiş və STA-449 F3-termal analizatoru vasitəsilə termogravimetrik analiz (TQ/DTA) aparularaq temperaturdan asılı olaraq, kütlə dəyişmələri müəyyən edilmişdir. Tədqiqatlar inhibitorun 7 və 10% qatılığında «CORROSIONBOX-1000E» adlı təcrübə kamerasında kondensasiya və ətraf mühit olmaqla, iki fazada, standart polad lövhələr üzərində sınaqdan keçirilmişdir.*

**Giriş.** Korroziya prosesinin yaranmasının əsas səbəbi metal konstruksiyalarının istismar şəraitindən asılı olmayaraq, mühitin aqressiv tərkib hissəsi ilə reaksiyaya girərək sərbəst enerjinin azalması hesabına termodinamik davamsızlıq göstərməsinin nəticəsidir [1-3]. Metal konstruksiyaları əsasında yaradılmış mürəkkəb texnoloji qurğuların korroziyadan müdafiə sisteminin qurulmasında konservasiya mayələrindən geniş şəkildə istifadə olunur [4;5]. Konservasiya mayələrinin tərkibində korroziyadan mühafizə vasitəsi kimi inhibitorların effektiv tədqiqi iqtisadi baxımdan səmərəli olması və tətbiq texnologiyasının sadə struktura malik olmasına əsaslanır. Korroziya inhibitoru kimi son illər daha çox kompozisiya tərkibli reagentlərin tətbiqi aktuallıq təşkil edir [6; 7].

Təqdim olunan işdə təbii neft turşularının 310-360°C temperaturda qaynayan fraksiyasının Ni, Co, Zn, Mg və Ba duzlarının nitrobirləşmələrlə birgə kompleksindən alınmış inhibitorun, maye kauçukla kompozisiyasının T-30 yağındakı məhlulu korroziyadan mühafizə məqsədilə tədqiq olunmuşdur.

**Təcrübi hissə.** Hazırlanmış müxtəlif konservasiya mayələrinin tərkibindəki inhibitor xassəli birləşmələr əsasən 3 komponentdən ibarətdir: təbii neft turşusunun metal duzları, alifatik əsaslı nitrotörəmələr və maye kauçuk. Həlledici mühit kimi “T-30” markalı turbin yağından istifadə olunmuşdur. Konservasiya mayələrinə komponent kimi Azərbaycan neftinin kerosin və dizel fraksiyalarından ayrılmış texniki neft turşularının üzvi həlledicilərdə həll olan metal duzları elmi ədəbiyyatda məlum olan üsullarla sintez edilmişdir. Alınan maddələrə alifatik əsaslı nitrobirləşmə əlavə olunaraq maye kauçuk iştirakı ilə kompozisiya hazırlanmışdır. Kompozisiyani təşkil edən aktiv komponentlərin miqdarı 1:1:1(qram) nisbətində götürülmüşdür. Prosesdə istifadə olunan nitrobirləşmə C<sub>14</sub>H<sub>28</sub>  $\alpha$ -olefinə optimal şəraitdə nitrat turşusunun təsiri ilə sintez edilmişdir. Alınan kompozisiya T-30 yağında həll edilərək (7% və 10% olmaqla) konservasiya mayesi kimi standart polad lövhələr üzərində sınaqdan keçirilmişdir. Prosesdə komponent kimi iştirak edən maye kauçuk (aşağı molekulyar kütləli M<sub>r</sub> ~1800-3000) sənayedə geniş



tətbiq sferasına malik stereorequlyar quruluşlu 1,4- sis-polibutadien əsasında alınmışdır. Mikrostruktur: 1,4 cis-75~80%; 1,4 trans-18~22% ; 1,2-manqalar-2~7%, manqaların sayı~80 [8;9].

Sintez olunmuş duzların nitrobirləşmələrlə birgə kompleksindən alınmış inhibitorun, maye kauçukla kompozisiyasının fiziki-kimyəvi xassələri tədqiq edilmiş və Cədvəl 1-də verilmişdir [10].

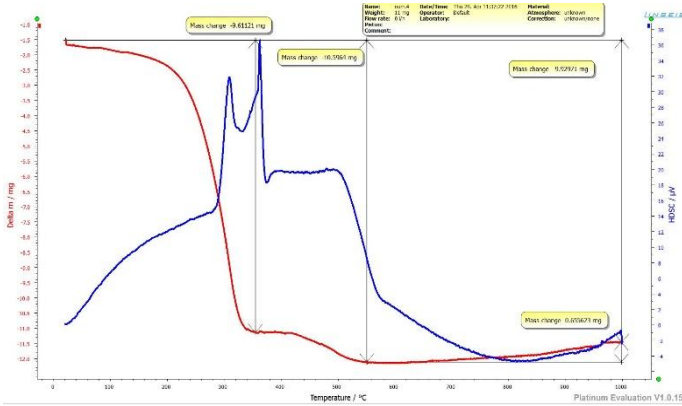
Cədvəl 1.

*Konservasiya mayələrinin əsas fiziki göstəriciləri.*

Göstəricilərin adı	Cihazın adı	ASTM	Nümunələr				
			1	2	3	4	5
Donma temp. °C	Stanhope Seta	ASTM D2386	-25	-28	-30	-30	-30
Özlülük mm <sup>2</sup> /san, °C40	TW4000	ASTM D445	53.99	65.59	56.47	62.05	65.3
Özlülük, mm <sup>2</sup> /san, °C100	TW4000	ASTM D445	7.63	8.64	7.98	8.32	8.51
Sıxlıq, q/sm <sup>3</sup>	DMA 4500 M	D5002	0.9090	0.9058	0.9093	0.9015	0.9042

Nümunələrin tərkibi

1. T-30 + maye kauçuk + TNT-nin Co duzu + nitrobirləşmə
2. T-30 + maye kauçuk + TNT-nin Ni duzu + nitrobirləşmə
3. T-30 + maye kauçuk + TNT-nin Zn duzu + nitrobirləşmə
4. T-30 + maye kauçuk + TNT-nin Mg duzu + nitrobirləşmə
5. T-30 + maye kauçuk + TNT-nin Ba duzu + nitrobirləşmə



Şəkil 1. Nümunə 4-ün TG/DTA əyrisi.

Cədvəl 2. T-dan asılı olaraq kütlə dəyişməsi

Temperatur °C	Kütlə itkisi, mg	Kütlə itkisi, %
20	0	—
40	0.4	3.63
60	1.0	9.09
80	1.5	13.63
100	2.0	18.18
120	3.4	30.9
140	4.5	40.9
160	5.0	45.0
180	5.4	45.09
200	5.8	52.72
220	6.0	54.54
240	6.4	58.11
260	6.6	60.0
280	7.4	62.27
300	8.5	77.27
320	10.3	93.63
340	10.8	98.18
360	11.0	100

Hazırlanmış konservasiya mayələrinin termogravimetrik təhlili (TG/DTA- temperaturdan asılı olaraq kütlə dəyişmələri və differensial termiki analizi) üçün STA-449 F3, NETZSCH termiki analizatorundan istifadə edilmişdir [11]. Proses azot qazı axınında və temperaturun dəqiqədə 20° yüksəlməsi şəraitində aparılmışdır (Cədvəl 2). Nümunə 9-un (Cədvəl 3) termiki analizinin təhlili göstərir ki, DTA əyrisində heç bir kimyəvi dəyişiklik baş vermir, 360°C-də



meydana gələn pik kompozisiyanın tam dağılmasına uyğundur. TG (Termogravimetrik) analizində (*Şəkil.1*) ərimiş kütlə itkisinin hamar əyrisi müşahidə olunur ki, bu da kompozisiyanın homogen olmasını təsdiq edir.

Ekspərimentlər DC01 (CR4) markalı standart polad lövhələr üzərində aparılmışdır. Polad nümunənin əsas tərkibi belədir: C%~0.07; Si%~0,01; Mn%~0.2-0.35; Ni%~0.06; S%~0.025; P%~0.02; Cr%~0.03; Al%~0.02-0.07; Cu%~0.06; Fe~balans. Nümunələrin ölçüsü 150x100x1mm həddində götürülmüşdür. Polad lövhələr spirt və deionizasiya olunmuş su ilə təmizlənir, təcrübə üçün hazırlanır.

Sınaq prosesi son dövrün müasir texnoloji qurğularından olan «CORROSIONBOX-1000E» adlı təcrübə kamerasında mövcud standartlar çərçivəsində həyata keçirilmişdir. Müəyyən edilmiş parametrlər şəraitində təcrübə kamerasında sınaqlar iki fazada aparılmışdır: kondensasiya fazası və atmosfer fazası. Təcrübə kamerasında davamlı sınağı yerinə yetirmək üçün standart parametrlər elektron qurğular vasitəsilə tənzimlənir. Bu parametrlərə kondensasiya fazasına kameranın temperaturu və sınaq müddəti, ətraf mühit fazasında isə nəmləndiricinin temperaturu, sınaq müddəti və kameranın temperaturu aiddir. Kondensasiya fazasında bu parametrlər: sınaq müddəti 1dəq-9999 saat, kameranın temperaturu 20<sup>0</sup>C-50<sup>0</sup>C, ətraf mühit fazasında isə nəmləndiricinin temperaturu 20<sup>0</sup>C-80<sup>0</sup>C, kameranın temperaturu 20<sup>0</sup>C-50<sup>0</sup>C və sınaq müddəti 1dəq-9999 saat intervalında müəyyənləşdirilmişdir.

**Nəticə və müzakirələr.** Cədvəl 3-dən görüldüyü kimi, metal lövhələr T-30 turbin yağı və maye kauçukun fərdi mühafizəsi zamanı müvafiq olaraq 31 və 56 gün korroziyadan müdafiə olunursa, inhibitorun iştirakı ilə bu göstəricilər kifayət qədər yüksəkdir. Belə ki, inhibitorun 7% qatılığında (TNT-nin Co duzu + Nitrobirləşmə + Maye kauçuk) kondensasiya fazasında metal lövhələrin korroziyadan mühafizəsi 301 gün, ətraf mühit fazasında isə 354 gün olmaqla, 10% qatılıqda isə müvafiq olaraq 322 gün və 397 gün olmaqla təcrübə prosesi davam etmişdir. Maye kauçukun kompozisiya tərkibinə təsirini müəyyən etmək üçün nəticələrin müqayisəli təhlili aparılmışdır. Belə ki, maye kauçukun iştirakı olmadan yuxarıda qeyd etdiyimiz tərkib (TNT-nin Co duzu + Nitrobirləşmə) müvafiq fazalarda 98 və 207 gün olmaqla, korroziyadan müdafiə effekti göstərmişdir ki, bu da, görüldüyü kimi, müqayisə olunan nəticədən (322 və 397 gün ) çox aşağıdır. Maye kauçukda metil qruplarının sis- vəziyyətdə yerləşməsi metal səthinə adsorbsiyanı asanlaşdırır ki, bu da mühafizə təbəqəsinin möhkəmlənməsinə səbəb olur.

Eyni zamanda sınaqdan keçirilən digər tərkibli TNT-nin metal duzlarının (Ni, Zn, Mg və Ba) nitrobirləşmələrlə qarışıq kompleksləri əsasında hazırlanmış konservasiya mayelərinin də korroziyadan müdafiə üçün göstərdiyi effektivlik tələbata nəzərən çox yüksək nəticədir.

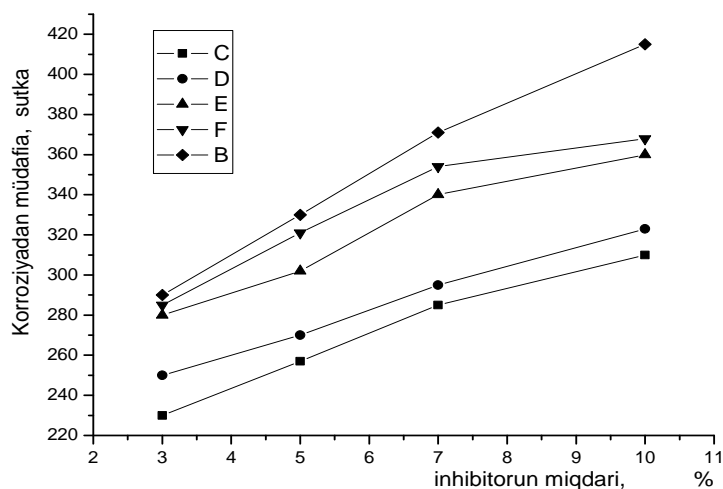
**Cədvəl 3.**

*Konservasiya mayelərinin sınaq nəticələri.*

№	KompozisiyalarınT-30 yağında məhlulu			Korroziyadan mühafizə müddəti, günlə	
	Tərkibi	Komponentlərin miqdarı, %-lə		Kondensasiya fazası	Atmosfer fazası
		İnhibitor	Məhlul		
1	2	3	4	5	6
1	Maye kauçuk	-	10	31	56
2	TNT-nin Ni duzu Maye kauçuk	50 50	10	95	202
3	TNT-nin Ni duzu Nitrobirləşmə Maye kauçuk	33,3 33,3 33,4	7	267	311

1	2	3	4	5	6
4	TNT-nin Ni duzu Nitrobirləşmə Maye kauçuk	33,3 33,3 33,4	10	280	350
5	TNT-nin Co duzu Maye kauçuk	50 50	10	100	219
6	TNT-nin Co duzu Nitrobirləşmə	50 50	10	98	207
7	TNT-nin Co duzu Nitrobirləşmə Maye kauçuk	33,3 33,3 33,4	7	301	354
8	TNT-nin Co duzu Nitrobirləşmə Maye kauçuk	33,3 33,3 33,4	10	322	397
9	TNT-nin Zn duzu Nitrobirləşmə Maye kauçuk	33,3 33,3 33,4	10	293	336
10	TNT-nin Mg duzu Nitrobirləşmə Maye kauçuk	33,3 33,3 33,4	7	284	311
11	TNT-nin Mg duzu Nitrobirləşmə Maye kauçuk	33,3 33,3 33,4	10	297	323
12	TNT-nin Ba duzu Nitrobirləşmə Maye kauçuk	33,3 33,3 33,4	10	289	326

Tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, belə qarışıq komplekslərin mineral yağlarla kompozisiyalarının inhibitorluq xassələri duzun və nitrobirləşmələrin ayrı-ayrılıqda mineral yağlara əlavə olunması ilə hazırlanmış eyni qatılıqlı kompozisiyalara nəzərən daha yüksək mühafizə effektivinə malikdir. Bu onunla izah olunur ki, belə komplekslər metal səthinə daha yaxşı xemosorbsiya olunaraq korroziyadan möhkəm mühafizə təbəqəsi yaradır.



**Şəkil 2.** Sintez olunmuş duzların kompozisiya şəklində konservasiya mayeləri kimi sınaq nəticələrinin qrafiki təsviri.

Kompozisiya şəklində konservasiya mayələrinin sınaq nəticələrinin inhibitorun qatılığından asılılığı qrafiki şəkildə aşağıda ifadə olunmuşdur:

Təcrübə kamerasında aparılan eksperimental sınaqların cədvəldəki nəticəsindən görünür ki, hazırlanmış konservasiya mayələrinin sənayedə metalların korroziyadan effektiv mühafizəsində tətbiqi mümkündür. Konservasiya mayesinin hazırlanmasında istifadə olunmuş komponentlər iqtisadi cəhətdən səmərəli və ekoloji baxımdan təhlükəsiz olmaqla, istehsal texnologiyası sadə struktura və zəngin xammal bazasına malikdir. Belə ki, həm mühit kimi istifadə olunan T-30 yağı, həm də inhibitor funksiyası yerinə yetirən aşqarlar və maye kauçuk kifayət qədər ehtiyatı olan xammallar əsasında istehsal olunur.

**Yekun.** Aparılan eksperimentlər nəticəsində məlum olmuşdur ki, sintez olunmuş TNT-nin metal duzları və nitrobirləşmələrin kompozisiya şəklində konservasiya mayesi kimi tətbiqi zamanı metal lövhələrin mühafizə effekti (322, 397 gün və s.) daha yüksək olur. Bu da onunla izah olunur ki, duzlar və nitrobirləşmələr əsasında hazırlanmış kompozisiyalar sinergizm effekti yaradaraq metalın səthinə daha yaxşı xemosorbsiya olunur. Digər tərəfdən bu birləşmələr suya nəzərən daha qüvvətli liqand olduqları üçün metal səthində olan su molekullarını çıxarır və orada möhkəm mühafizə təbəqəsi yaradır.

Konservasiya mayesinin hazırlanmasında istifadə olunmuş komponentlər iqtisadi cəhətdən səmərəli və ekoloji baxımdan təhlükəsiz olmaqla, istehsal texnologiyası sadə struktura və zəngin xammal bazasına malikdir. Belə ki, həm mühit kimi istifadə olunan T-30 yağı, həm də inhibitor funksiyası yerinə yetirən aşqarlar və maye kauçuk yerli xammallar əsasında istehsal olunur.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Abbasov V.M. Korroziya. Bakı: 2007, 355 s.
2. Rozenfeld I.L. Corrosion Inhibitors; McGraw-Hill. New York, 1981, p.182.
3. Landolt D. Corrosion and surface chemistry of metals // Engineering sciences: Materials. Engineering sciences. EPFL Press, 2007. 622 p.
4. Aghazada Y.J. The research of the compositions those are prepared on the basis of the petroleum products as conservative liquids. // Journal of Advances in Chemistry Vol. 12, No.123, November, 2015, pp.3940-3943.
5. S. N. Smith, J. L. Pacheco: 'Prediction of corrosion in slightly sour environments', Paper 02241, NACE Corrosion Conference 2002.
6. Abbasov V.M., Agazadə Y.C., Abdullayev S.E., Həsənov E.K., Rzayeva N.Ş. Kompozisiya tərkibli müxtəlif konservasiya mayələrinin müqayisəli tədqiqi. //Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, Cild 19 №1(105). Bakı: 2017, s.45-51.
7. Ağazadə Y.C. Maye kauçuk əsasında hazırlanmış kompozisiyaların korroziyadan müdafiə vasitəsi kimi tədqiqi. Kimya problemləri, №2. Bakı: 2016. s.153-157
8. Алиев В.С., Алиев С.М., Азизов А.Г., Насиров Ф.А., Мамедалиев Г.А., Исмаилов Т.А. Способ получения цис-1,4-полибутадиена. Авторское свидетельство (А.С.) СССР № 1066190, 1979.
9. Насиров Ф.А. Исследование и разработка процесса получения низкомолекулярного полибутадиена в присутствии каталитических систем на основе органических дитиопроизводных никеля (кобальта). Дисс... канд.хим.наук., Баку, ИПP ANAS, 1983, 202 с.
10. ASTM C 613-14: 'Standard test method for constituent content of composite prepreg by Soxhlet Extraction'.
11. A. Popova, E. Sokolova, S. Raicheva and M. Christov: 'AC and DC study of the effect of temperature effect on mild steel corrosion in acid media in the presence of benzimidazole derivatives', Corros. Sci., 2003, 45, 33–58 p.

**РЕЗЮМЕ**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНОСОСТАВНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, ОБЛАДАЮЩИХ**  
**АНТИКОРРОЗИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ НА СТАНДАРТНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ**  
**ОБРАЗЦАХ.**

*Агазаде Е.Дж.*

**Ключевые слова:** консервационные жидкости, коррозия, ингибитор, природная нефтяная кислота (ПНК), жидкий каучук, нитросоединения

При участии жидкого каучука и нитросоединений, полученных на основе  $\alpha$ -олефинов  $C_{14}H_{28}$ , солей Ni, Co, Zn, Mg и Ba фракций природных нефтяных кислот (ПНК), кипящих при температуре 310-360°C, в турбинном масле Т-30 были изготовлены и исследованы в качестве консервационных жидкостей композиции различных соотношений и составов. С целью изучения были исследованы физико-химические свойства композиций. Термогравиметрический анализ (ТГ/DTA) образцов проводили с использованием термического анализатора STA-449 F3. Исследования были проведены при 7-10% концентрации ингибитора, в испытательной камере под названием «CORROSIONBOX-1000E» в двух фазах, включающих конденсацию и окружающую среду.

**SUMMARY**  
**THE RESEARCH OF ANTICORROSIVE COMPOSITIONS WITH DIFFERENT**  
**CONTENTS ON STANDARD METAL SAMPLES**

*Aghazade Y.J.*

**Key words:** conservative liquids, corrosion, inhibitor, natural petroleum acid (NPA), liquid rubber, nitro compound.

In this paper, the compositions of the T-30 turbine oil with Ni, Co, Zn, Ba and Mg salts of the natural petroleum acids (NPA) boiling in the range of 310 – 360°C, nitro compounds those are produced on the basis of the  $\alpha$ -olefins and liquid rubber have been investigated in different ratio and contents as conservative liquids. The physical and chemical properties of the produced compositions have been studied and effects of temperature on inhibition efficiency and thermodynamic parameters have also been reported. STA-449 F3-thermal analyzer was used for the thermogravimetric analysis (TG/DTA) of the prepared conservative liquids. The researches have been conducted with different concentrations of inhibitor on the steel sheets in condensation and environment phases in the experiment chamber called «CORROSIONBOX-1000E».

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	21.06.2017
	Son variant	26.12.2017

UOT 547.1

## FENİLASETİLENİLKARBİNOLUN QLİSİDİL EFİRİNİN DİHİDROSİLANLAR İLƏ HİDROSİLİLLƏŞDİRİLMƏSİ

<sup>1</sup>TARVERDİYEV ŞƏMSƏDDİN ƏBİL oğlu<sup>1</sup>RÜSTƏMOV KAMAL MURTUZA oğlu<sup>2</sup>NƏSİROVA İRADƏ MƏMMƏD qızı

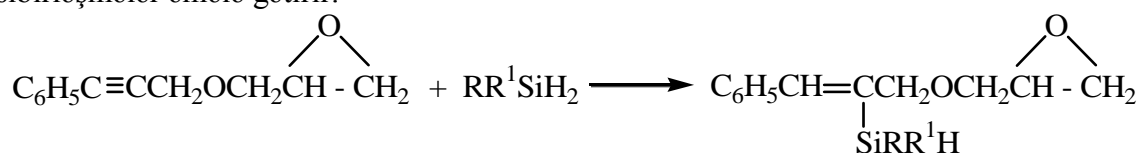
Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1-dosent, 2-baş müəllim

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

*Açar sözlər:* hidrosilan, hidrosilləşdirmə, silisium - üzvi birləşmə, hidroksiefir, valent rəqsi, udulma zolağı, epoksid qrupu, çianetil efiri.

Fenilasetilenilkarbinolun qlisidil efirinin platinohidrogenxlorid turşusunun katalizatorluğu ilə dihidrosilanlar ilə qarşılıqlı təsiri reaksiyaları tədqiq edilir. Müəyyən edilmişdir ki, reaksiyada istifadə olunan bütün dihidrosilanlar əvəzləyicilərin təbiəti və quruluşundan asılı olmayaraq, α-oksidi halqasına toxunmadan fenilasetilen sırası qlisidil efirinin üçqat karbon-karbon əlaqəsinə birləşir və Si-H rabitəli etilen sırası epoksibirləşmələr əmələ gətirir.

Doymamış asetilen sırası epoksiefirlərin müxtəlif tərkib və quruluşlu hidrosilanlarla katalitik hidrosililləşdirilmə cıxımı və reaksiyaların istiqaməti bir çox faktorlardan asılıdır (1-2). Proparqil radikalının doymamış karbonundakı əvəzləyicisinin təbiətinin C≡C əlaqəsinin aktivliyinə təsirini və bununla əlaqədar hidrosililləşmə istiqamətini öyrənmək məqsədi ilə fenilasetilenilkarbinolun qlisidil efirinin qəbul etdiyimiz şəraitdə müxtəlif dihidrosilanlarla reaksiyaları tədqiq edilir. Müəyyən edildi ki, dihidrosilanlar silisium atomundakı əvəzləyicilərin təbiətindən asılı olmayaraq, platinohidrogenxlorid turşusunun iştirakı ilə asanlıqla epoksibirləşmənin C≡C əlaqəsinə birləşir və etilen sırası Si-H əlaqəli silisium-üzvi epoksibirləşmələr əmələ gətirir:



R = R<sup>1</sup> = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> (I), C<sub>3</sub>H<sub>7</sub> (II), C<sub>4</sub>H<sub>9</sub> (III), C<sub>5</sub>H<sub>11</sub> (IV), C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> (V); R = CH<sub>3</sub>, R<sup>1</sup> = C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> (VI), R = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, R<sup>1</sup> = C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> (VII), CH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> (VIII), CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> (IX), CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> (IX);

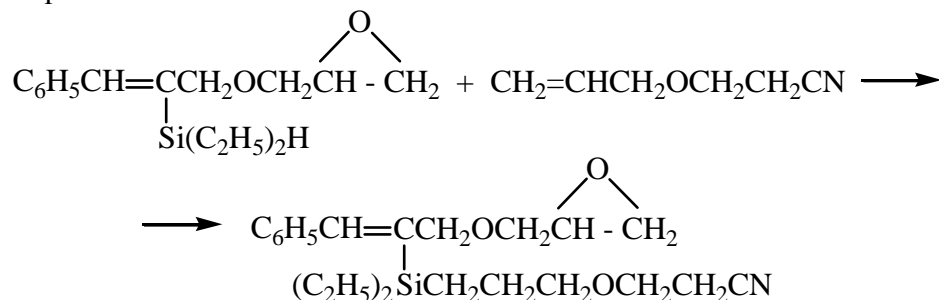
(1) sxemli reaksiya üzrə sintez olunan maddələrin tərkib və quruluşları fiziki-kimyəvi analiz üsulları və kimyəvi üsullar ilə sübut edilir [3-5]. Qaz-maye xromatoqrafiyasına əsasən (R xromosorbentində silikol yağı; temperatur 230C<sup>o</sup>; aparıcı qaz helium; V=1,9l/san) I maddəsi ancaq bir izomerdən ibarətdir və reaksiya istiqamətinin dəyişməsi ilə digər izomer, yəni struktur izomer qarışığı saxlamır. Bu kimyəvi təmiz I maddəsinin İQ- spektrində 1610, 2120 və 3055 cm<sup>-1</sup> zolaqları

–CH=CH–, ≡ Si–H və  $\begin{matrix} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C}-\text{C} \end{matrix}$  qruplarını əks etdirir. Eyni zamanda qeyd etmək lazımdır ki, bir çox hallarda spektrdəki 1265-1240 cm<sup>-1</sup> sahələrdəki udulmalar α-oksidi halqasını xarakterizə etsə də, bu maddənin spektrindəki 1255 cm<sup>-1</sup> rəqsi Si-C əlaqəsinə məxsusdur. Göstərilən rəqslər, həmçinin NMR-spektrində digər sürüşmələr də əks olunmuş və udulma siqnallarının intensivliklərinin nisbəti gözlənilənə uyğundur. I Maddəsinin NMR-spektrində C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-radikalı üçün 7,2 m.b.h., olefin protonları üçün

$\begin{matrix} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C}=\text{C} \end{matrix}$  5.86-6.24 m.b.h. multipləti qeyd olunur. Si-C=C-CH<sub>2</sub>O qrupuna məxsus σ = 4.21 dubletli əks olunur. Oksimetilen qrupuna 3,73 m.b.h. siqnalları isə 3.73m.b.h. sahədə görünür. –CH<sub>2</sub>–

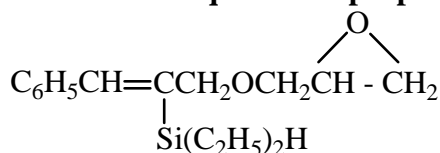
CH- halqasının protonları isə 2.80, 2.50 və 2.30 m.b.h sürüşməsi xarakterik multiplətlər şəklində əks olunur. Si-C-CH<sub>3</sub> qrupuna məxsus protonlar yaxılmış tripletlər şəklində mərkəzi 1.13 m.b.h. sahəsinə, >Si-CH<sub>2</sub>- qrupuna məxsus yaxılmış protonların multiplətləri isə 0,85 m.b.h. mərkəzə malikdir.

Molekulda Si-H əlaqəsindən birinin saxlanması, həmçinin hidrosililləşdirməyə aktiv olması I maddəsinin allil spirtinin β-sianoetil efiri ilə reaksiyasından müvafiq epoksinitrilin XI alınması da təsdiq edir:



Alınan XI maddəsinin İQ-spektrində 2250 sm<sup>-1</sup> intensiv udulma -C≡N qrupunu əks etdirir.

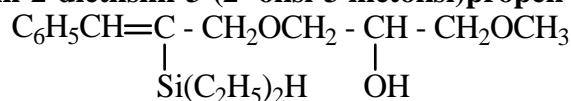
### 1- Fenil-2-dietilsilil-3-qlisidiloksipropen -1 (I)



Əks-soyuducu, damcı qıfı və termometr ilə təchiz edilmiş reaksiya kolbasına 18,8q (0.1q/mol) təzə qovulmuş 1- fenil-3- qlisidiloksipropin -1, 35 ml quru tiofensiz benzol və 0.01 ml platinohidrogenxlorid turşusunun izopropil spirtində 0.1N məhlulu yerləşdirilir. Kütlə 70°C temperatura kimi qızdırılır və qızdırıcı işə salınaraq üzərinə damcı qıfından zəif axınla 8.8q (0.1q/mol) dietilsilan damcıladılır. Dihidrosilan verilib qurtardıqdan sonra reaksiya kütləsi əlavə olaraq 18 saat benzolun qaynama temperaturunda qaynadılır. Ertəsi gün kütlədən həlledici qovulur və qalıqdan aşağı salınmış təzyiq altında 16.8 q 1-fenil-2-dietilsilil-3-qlisidiloksipropen-1 (I) alınır. Tqay - 131° C (0.5 mm), n<sub>d</sub><sup>20</sup> 1.5196, d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1.0034. MR tap. 83.70, MR hesab. 83.26. Epoksiolefinə görə çıxım 61%. Tapılmışdır, %: C 69.72, 69.96; H 8.91, 8.99; Si 10.28, 10.42. C<sub>16</sub>H<sub>24</sub>O<sub>2</sub>Si. Hesablanmışdır, %: C 69.51, H 8.75, Si 10.16.

Analoji təcrübə şəraitində II-X maddələri sintez edilmişdir və bəzi fiziki-kimyəvi göstəriciləri cədvəldə təqdim edilir: 1-fenil-2-dipropilsilil-3-qlisidiloksipropen-1(II), 1-fenil-2-dibutilsilil-3-qlisidiloksipropen-1 (III), 1-fenil-2-diamilsilil-3-qlisidiloksipropen-1 (IV), 1-fenil-2-difenilsilil-3-qlisidiloksipropen-1 (V), 1-fenil-2-metilfenilsilil-3-qlisidiloksipropen-1(VI), 1-fenil-2-etilfenilsilil-3-qlisidiloksipropen-1(VII), 1-fenil-2-metilbenzilsilil-3-qlisidiloksipropen-1(VIII), 1-fenil-2-β-feniletilsilil-3-qlisidiloksi-propen-1(IX), 1-fenil-2-γ-fenilpropilsilil-3-qlisidiloksipropen-1(X).

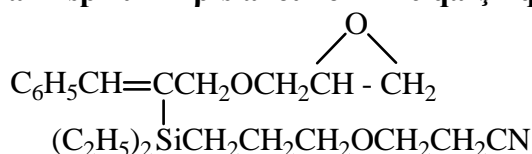
### 1-Fenil-2-dietilsilil-3-(2<sup>I</sup>-oksi-3<sup>I</sup>metoksi)propen-1 (XI)



Mexaniki qarışdırıcı və əks-soyuducu ilə təchiz edilmiş ikiboğazlı reaksiya kolbasına 20.4 q (0.64 q/mol) absolyut metil spirti və 3 damcı üçflüorlorbor efirini yerləşdirilir və kütlə 5°C temperatura qədər soyudulur. Qarışdırıcı işə salınır və damcı qıfından astadan 8.3 q (0.03 q-mol)

təzə qovulmuş 1-fenil-2-etilsilil-3qlisidiloksipropen-1 (I) maddəsi damcıladılır. Epoksisilan verilib qurtardıqdan sonra otaq temperaturunda reaksiya kütləsi əlavə olaraq 8 saat qarışdırılır. Sonra kütlədən əvvəlcə artıq miqdar metanol qovulur və qalıq aşağı salınmış təzyiqlik altında fraksiyalaşdırılaraq 9.26 q 1 fenil-2-dietilsilil-3 (2<sup>1</sup>-oksi-3<sup>1</sup>metoksi)propen-1(XI) ayrılır. Tqay. 155<sup>0</sup> C (0.5 mm c.s.), n<sub>d</sub><sup>20</sup> 1.5235, d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1.0172, MR tap. 92.71, MR hesab. 92.01, Epoksiölfinə görə çıxım 75 %-dir. Tapılmışdır, % : C 66.38, ; H 9.32, Si 15.81; C<sub>17</sub>H<sub>28</sub>O<sub>3</sub>Si. Hesablanmışdır, % : C 66.19, H 9.15, Si 15.56.

**I Maddəsinin allil spirtinin β-sianetil efiri ilə qarşılıqlı təsiri (XII).**



Damcı qıfı, əks-soyuducu və qarışdırıcı ilə təchiz olunmuş reaksiya kolbasına 6.0 q allil spirtinin β-sianoetil efiri və 0.01 ml 0.1 N platinohidrogenxlorid turşusunun izopropil spirtində məhlulu yerləşdirilir. Qarışdırıcıni işə salıb kütləni 70<sup>0</sup> C temperaturna kimi qızdırır və üzərinə çox zəif sürətlə 14 q təzə qovulmuş 1-fenil-2-dietilsilil-3-qlisidiloksipropen -1 damcıladılır. Si-H əlaqəli epoksisilan əlavə etməklə, kütlənin temperaturu 140<sup>0</sup>C-ə qədər yüksəlir. Sonra reaksiya kütləsi aşağı salınmış təzyiqlik altında qovulur və 15.6 q epoksinitril ayrılır. Tqay. 202<sup>0</sup> C (0.5 mm c.s.), n<sub>d</sub><sup>20</sup> 1.5183, d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1.0494. MR tap. 11.74, MR hesab. 111.18. Epoksiölfinə görə çıxım 78%-dir. Tapılmışdır, %: C 68.52, N 3.79; Si 7.51 C<sub>22</sub>H<sub>33</sub>NO<sub>3</sub>Si. Hesablanmışdır, % : C 68.35, N 3.62, Si 7.26

Birləşmə, №	T qay, <sup>0</sup> C p=0,5 (mm)	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	MR		Element tərkibi; %						Çıxım%
						Tapılmışdır			Hesablanmışdır			
				Tapılmışdır	Hesablanmışdır	C	H	Si	C	H	Si	
II	144	1.5174	0.9885	93.25	92.76	71.14	9.46	9.53	71.00	9.27	9.22	57
III	152	1.5125	0.9815	101.75	101.86	72.46	9.98	8.61	72.23	9.70	8.45	51
IV	159	1.5120	0.9801	110.42	111.28	73.56	10.2	7.91	73.28	10.1	7.79	48
V	208	1.5632	1.0701	113.11	113.88	77.41	6.59	7.62	77.38	6.49	7.54	45
VI	176	1.5391	1.0392	93.53	94.06	73.73	7.41	9.27	73.50	7.19	9.05	47
VII	181	1.5398	1.0399	97.88	98.57	74.38	7.59	8.71	74.03	7.46	8.65	46
VIII	188	1.5426	1.0411	98.18	98.87	74.46	7.66	8.82	74.03	7.46	8.65	43
IX	194	1.5385	1.0302	102.85	103.50	74.71	7.86	8.41	74.51	7.74	8.30	44
X	199	1.5348	1.0269	106.01	106.84	78.16	8.41	8.12	74.95	8.01	7.97	46

**ƏDƏBİYYAT**

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

5. Султанов Р.А., Абасова Г.Г., Джалилов Р.А. Присоединение тетраганидигидрид-дисилосанов к пропаргилглицидиловому эфиру в присутствии платинохлористоводородной кислоты. ДАН Азерб.ССР, ТХЛИВ, N 12 1988, с. 33-36.

#### РЕЗЮМЕ

#### ГИДРОСИЛИЛИРОВАНИЕ ГЛИЦИДИЛОВОГО ЭФИРА ФЕНИЛАЦЕТИЛЕНИЛКАРБИНОЛА ДИГИДРОСИЛАНАМИ

*Тарвердиев Ш.А., Рустамов К.М., Насирова И.М.*

**Ключевые слова:** гидросилан, гидросилилирование, гидроксиэфир, кремний-органические соединения, валентные колебания, эпоксидная группа, полосы поглощения, цианоэтиловый эфир.

Исследована реакция взаимодействия диорганосиланов с фенилацетиленилкарбинолом в присутствии платинохлористоводородной кислоты.

Установлено, что независимо от заместителей атома кремния все исследованные гидросиланы селективно присоединяются по ацетиленовой связи пропаргильной группы с образованием непредельных кремнийорганических эпоксиэфиров со связью Si–H.

#### SUMMARY

#### HIDROSILYLATION OF GLYCIDYL ETHER OF PHENYLACETYLCARBINOL WITH DIHYDROSILANE

*Tarverdiyev Sh.A., Rustamov K.M., Nasirova I.M.*

**Key words:** hydrosilane, hydrosilylation, silica-organic compound, hydroxyether, valent vibration, absorption strip, epoxide group, cyanoethyl ether.

Interaction reactions of glycidyl ether of phenylacetylcarbinol with dehydrosilane have been investigated by the catalyst of platinum hydrogen chloride acid. It has been found that, all dihydrosilanes used in reaction merges to triple carbon-carbon bond and formulates Si–H related epoxy compounds.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	13.02.2017
	Son variant	26.12.2017



УДК 547.461 054.211+621.892.099.6

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ АМИДОВ – ПРОИЗВОДНЫХ АЦЕТОФЕНОНА

ОСМАНОВА САБИЯ ФАРХАД КЫЗЫ

Институт химии присадок им. акад. А.М.Кулиева НАН Азербайджана, научный сотрудник  
[sabiya17@mail.ru](mailto:sabiya17@mail.ru)

**Ключевые слова:** ацетофенон, амиды, антимикробная присадка, смазочно-охлаждающие жидкости.

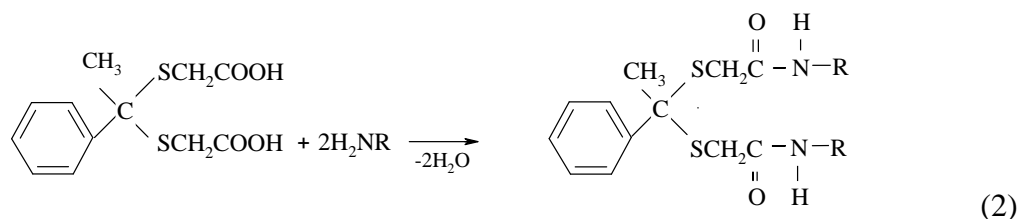
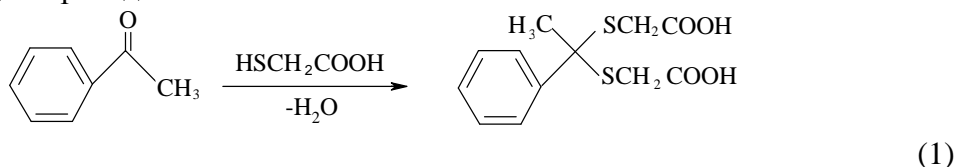
В статье описан синтез новых амидов 1,1-бис-(гидроксикарбонилметилтио)-1-фенилэтана. Проведены исследования полученных амидов в качестве антимикробной присадки к смазочно-охлаждающим жидкостям (СОЖ).

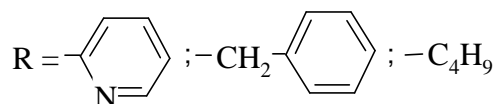
Соединения, содержащие в своем составе атомы азота и серы, могут найти самое широкое применение в различных областях промышленности, использоваться в медицине, химической технологии и биотехнологии. Среди них значительное место занимают амиды кислот.

Так, амиды органических кислот используются как пластификаторы бумаги, искусственной кожи, поливинилхлорида, экстрагенты некоторых радиоактивных металлов, сырье в производстве полимеров [1], промежуточные продукты в синтезе красителей, в качестве антимикробной присадки к водоэмульсионным СОЖ, а также как сульфамидные препараты [2] в медицине.

В литературе описаны различные способы получения амидов карбоновых кислот. Наиболее широко применяемый способ заключается в превращении карбоновой кислоты в хлорангидрид с дальнейшим взаимодействием его с аммиаком или амином [3], также в получении амидов прямым амидированием карбоновых кислот [4-6], минуя стадию образования хлорангидрида. Известен также способ получения незамещенных амидов карбоновых кислот пиролизом их аммонийных солей [7].

Нами впервые синтезированы амиды 1,1-бис-(гидроксикарбонилметилтио)-1-фенилэтана. Реакция осуществлена в две стадии: 1. реакцией тиолирования ацетофенона меркаптоуксусной кислотой получена бис-кислота по [8]; 2. проведена реакция полученного 1,1-бис-(гидроксикарбонилметилтио)-1-фенилэтана с рядом ароматических аминов. Схемы реакций приведены ниже:





Реакция амидирования проводилась в 3-х горловой колбе, снабженной мешалкой и обратным холодильником. При постоянном перемешивании к 0,035 моль 1,1-бис-(гидроксикарбонилметилтио)-1-фенилэтана в растворе бензола добавляли 0,003 моль борной кислоты. Затем по порциям добавляли 0,07 моль соответствующего амина. Смесь нагревали при 80°C и перемешивали еще в течение 2-10-ти часов. После завершения реакции, растворитель отгоняли в вакууме водоструйного насоса, а полученные амиды выделяли перекристаллизацией из соответствующего растворителя.

Синтезированные амиды 1,1-бис-(гидроксикарбонилметилтио)-1-фенилэтана представляли собой порошкообразные вещества, хорошо растворимые в воде и спирте. Выход продуктов составляет 56-97%.

Состав и структура синтезированных соединений подтверждена элементным анализом и данными ИК- и ЯМР-спектров.

В ИК-спектрах амидов 1,1-бис-(алкоксикарбонилметилтио)-фенилэтаноов отсутствуют полосы поглощения  $\text{—NH}_2$  и  $\text{C=O}$  групп, а появляются полосы поглощения при  $1675 \text{ см}^{-1}$ , подтверждающие наличие амидного  $\text{—N—C=O}$  фрагмента в молекуле соединений. Уширенная полоса поглощения в области  $2800\text{--}3000 \text{ см}^{-1}$  характеризует валентные колебания  $\text{—CH}$  ароматического кольца. Полосы поглощения при  $710 \text{ см}^{-1}$  и  $770 \text{ см}^{-1}$  характеризуют неплоские деформационные колебания ароматического кольца. Полосы поглощения в областях  $570 \text{ см}^{-1}$  и  $1100\text{--}1200 \text{ см}^{-1}$  соотнесены к деформационным и валентным колебаниям  $\text{C—S}$  связи соответственно. Полоса поглощения при  $1204 \text{ см}^{-1}$  в спектре пиридин-2-амид 1,1-бис-(гидроксикарбонилметилтио)-1-фенилэтана характеризует пиридиновый цикл.

В ЯМР-спектрах амидов 1,1-бис-(алкоксикарбонилметилтио)-арилэтаноов в областях 1,92 и 2,02 м.д. в виде синглета проявляются сигналы протонов метильной группы; в области 3,33 м.д. в виде дуплета сигналы протонов метиленовой группы, мультиплет в областях  $\text{—} 7,45; 8,12; 8,25; 8,96$  и триплет в областях 7,12 и 7,26 м.д. соответствует сигналам протонов ароматического кольца. Сигналы протонов амидной группы проявляется в виде мультиплета в области 10,01 м.д.

Синтезированные амиды 1,1-бис-(гидроксикарбонилметилтио)-1-фенилэтана были исследованы в качестве антимикробной присадки к 5%-ной водно-эмульсионной смазочно-охлаждающей жидкости «Азерол-5».

Оценку биоцидной активности заявленного соединения осуществляли по ГОСТ 9.085-78. В качестве тест-культур использовали:

Бактерии: *Mycobacterium-plei*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, сульфатредуцирующие бактерии. Грибы: *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Trichoderma koningii* и дрожжеподобные грибы *Candida tropicalis*.

В лунки в агаризированной питательной среде вносят исследуемое вещество в заданной концентрации. При этом используют водные растворы исследуемых веществ в 0,5% концентрациях (мас.%). О наличии бактерицидной и фунгицидной активности судят по размеру диаметра зоны ингибирования (мм) роста тест-культур, которая возникает вокруг лунок с исследуемыми соединениями, а в случае сульфатредуцирующих бактерий оценку ведут в баллах. 0 баллов – отсутствие роста микроорганизмов, полная бактериостойкость; I балл – рост микроорганизмов едва заметен, заметны зоны отсутствия роста микроорганизмов, удовлетворительная бактериостойкость; II балла – не наблюдается зон отсутствия роста микроорганизмов, небактериостойкость. В качестве базы сравнения (эталоны) в аналогичных условиях были испытаны 5%-ный раствор

Азерола-5 без добавки исследуемых соединений, а также широко используемый в РФ биоцидный препарат «Вазин».

Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица 1.

## Антимикробная активность исследованных соединений

Образцы	Концентрация, %	Диаметр зоны угнетения роста микроорганизмов, мм		
		Бактерии	Грибы	Сульфатредуцирующие
Пиридин-2-амид 1,1-бис-(гидроксикарбонилметилтио)-1-фенилэтана	0,5	14	20	0
Бензиламид 1,1-бис-(гидроксикарбонилметилтио)-1-фенилэтана	0,5	15	18	-
Бутиламид 1,1-бис-(гидроксикарбонилметилтио)-1-фенилэтана	0,5	+	15	-
Вазин (эталон)	0,5	10	10	+
СОЖ без биоцида	5	+	+	-

Как видно из данных таблицы, синтезированные соединения обладают достаточно высокой бактерицидной и фунгицидной активностью. Среди исследованных соединений наибольшую эффективность проявляет пиридин-2-амид 1,1-бис-(гидроксикарбонилметилтио)-1-фенилэтан. Высокая эффективность данного соединения, по-видимому, связана с большей основностью пиридинового кольца. Результаты испытаний показывают, что Вазин в 0,5%-ной концентрации подавляет рост как бактериальной, так и грибной микрофлоры гораздо в меньшей степени, чем пиридин-2-амид 1,1-бис-(гидроксикарбонилметилтио)-1-фенилэтана при той же концентрации. Преимущество синтезированного соединения заключается еще и в том, что в отличие от «Вазина» оно подавляет рост сульфатредуцирующих бактерий. Испытания также показали, что пиридин-2-амид 1,1-бис-(гидроксикарбонилметилтио)-1-фенилэтан в составе СОЖ «Азерол-5» не вызывает коррозии.

Таким образом, проведенные исследования показали, что синтезированные соединения превосходят по антимикробной эффективности препарат «Вазин» и могут быть использованы для защиты от микробиологического поражения водные и водоземulsionные рабочие растворы СОЖ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Химическая энциклопедия / Редкол.: Кнунянц И.Л. и др. т.1. М.: Советская энциклопедия, 1988, 623 с.
2. Patai Series, The Chemistry of Functional Groups, The Chemistry of Anilines, Rappoport, Z., Ed.; Wiley: Chichester, 2007, pt.2, chap. 13
3. Вейганд-Хильгетаг. Методы эксперимента в органической химии. М.: Химия, 1968, 944 с.
4. Allen, C. L., Williams J. M. J. Metal-catalysed approaches to amide bond formation // Chem. Soc. Rev. V.40, 2011, pp. 3405-3415.
5. Chaudhari P.S., Salim S.D., Sawant R.V., Akamanchi K.G. Sulfated tungstate: a new solid heterogeneous catalyst for amide synthesis // Green Chem. V.12, 2010, pp.1707–1710.

6. Komura K., Nakano Yu., Koketsu M. Mesoporous silica MCM-41 as a highly active, recoverable and reusable catalyst for direct amidation of fatty acids and long-chain amines // Green Chem. V.13, 2011, pp.828-831.
7. Мохов В.М., Попов Ю.В., Будко И.И. Прямое амидирование карбоновых кислот первичными и вторичными аминами в присутствии коллоидных частиц меди. Известия ВолгГТУ, №7 (134), т.12, Волгоград: 2014. с.52-56
8. Sardarova S.A., Osmanova S.F., Mamedov F.A., Gamidova Sh.Y. Synthesis and research of 1,1-bis-(hydroxycarbonylmethylthio)-arylethane esters. Chemical problems, 2015, pp.319-323

**XÜLASƏ**  
**ASETOFENONUN TÖRƏMƏLƏRİNİN YENİ AMİDLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ TƏDQIQI**  
*Osmanova S.F.*

**Açar sözlər:** *asetofenon, amidlər, antimikrob aşqar, yuyucu-soyuducu mayelər*  
Məqalədə 1,1-bis-(hidroksikarbonilmetiltio)-1-feniletanın yeni amidlərinin sintezi qeyd edilmişdir. Alınmış amidlərin yuyucu-soyuducu mayələrə antimikrob aşqar kimi tədqiqi aparılmışdır.

**SUMMARY**  
**SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF NEW AMIDES –**  
**DERIVATIVES OF ACETOPHENONE**  
*Osmanova S.F.*

**Keywords:** *acetophenone, amides, antimicrobial additive, cutting fluids*  
The synthesis of novel amides of 1,1-bis-(hydroxycarbonylmethylthio)-1-phenylethane has been described in the article. The synthesized amides have been investigated as an antimicrobial additive to cutting fluids.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	29.06.2017
	Son variant	26.12.2017

UOT 638.19

## İSMAYILLI RAYONUNUN ƏSAS BAL VƏ ÇİÇƏK TOZU VERƏN BİTKİLƏRİ

<sup>1</sup>QƏDİMOV VALEH ƏLİ oğlu  
<sup>2</sup>SÜLEYMANOVA NABAT MÜRSƏL qızı  
<sup>2</sup>ŞAMMƏDOVA İLHAMƏ HÜSEYNAĞA qızı  
*Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1-dosent, 2-baş müəllim*  
[valeh\\_qedimov@mail.ru](mailto:valeh_qedimov@mail.ru)

*Açar sözlər: bitki, bal arıları, çiçək tozu, vərəmum, nektar, bal.*

Arıçılıq dünya xalqlarının ən qədim məşğuliyyətlərindən biri olmuşdur. Paleontoloji (qazıntılar nəticəsində) məlumatlara əsasən onlar artıq paleozoy erasına, yəni ibtidai insanın meydana gəlməsindən təqribən 55-60 milyon il öncə mövcud olmuşlar. Maddi mədəniyyət abidələrindən görüldüyü kimi, bal arıları həmişə insanların həyatında müəyyən rol oynamışdır.

Arıçılıq kənd təsərrüfatının ən gəlirli sahələrindən biri olmaqla, insanları çox qiymətli qida və müalicəvi əhəmiyyətə malik olan bal, güləm (çiçək tozu), vərəmum, arı zəhəri, arı südü və mumla təmin edir. Bal və digər arıçılıq məhsulları uzun zamanlardan bəri məlum olan müalicəvi xüsusiyyətlərinə görə təbabətdə getdikcə daha geniş istifadə olunur. Bal arıları bitkilərin tozlandırılmasında da mühüm rol oynayırlar. Onlar çiçəkli bitkilərin əvəzsiz tozlandırıcılarıdır. Kənd təsərrüfatı bitkilərinin tozlandırılması üzrə bütün işlərin 80-90%-ni bal arıları yerinə yetirir. Bal arıları ilə tozlandırma nəticəsində bitkilərin məhsuldarlığı 25-40% yüksəlir.

**Material və metodlar.** Tədqiqat işləri 2014-2016-cı illərdə İsmayilli rayonunun ərazisində müxtəlif biotoplarda aparılmışdır. Tədqiqat zamanı Ə.M.Quliyevin (3) makrokapilyar üsulu və onun ekspedisiya şəraitində tətbiq olunması metodikasından istifadə olunmuşdur. Təcrübə və müşahidələr çöl və laboratoriya şəraitində yerinə yetirilmişdir. Bunun üçün müxtəlif yerlərdə stasionar sahələr ayrılmışdır. Ayrılmış stasionar sahələrdə müntəzəm olaraq müşahidə aparılmış və ərazinin nektar verən bitkiləri tədqiq edilmişdir. Tədqiqat zamanı orta hesabla bir bitkidə açmış çiçəklərin miqdarını, həmin bitkinin çiçəklənməsi müddətini, bir hektarda olan bitkilərin ümumi sayını və bir çiçəyin gündəlik ifraz etdiyi nektarın milliqramlarla miqdarını bir-birinə vurmaqla, həmin bitkinin bir hektar sahəsindən götürülən nektarın miqdarı müəyyən edilmişdir.

Bir hektar sahədən alınan balın təxmini miqdarını hesablayarkən Rusiya Arıçılıq İnstitutunun əməkdaşlarının (1) və Ə.M.Quliyevin (3) təcrübələrinin nəticələrindən istifadə edilmişdir. Tədqiq olunan rayonun nektar verən bitki florasını öyrənmək və onun nektar məhsuldarlığını müəyyən etmək üçün ekspedisiya şəraitində dəqiq hazırlanmış makrokapilyarlar, refraktometr “AB” və millimetrlı xətkəşdən istifadə olunmuşdur.

**Nəticələr və onların müzakirəsi.** Müşahidələr zamanı müəyyən edilmişdir ki, bal arılarının bitki çiçəklərinə qonması intensivliyi əsasən çiçəklərin ifraz etdiyi nektarın kimyəvi tərkibindən çox asılıdır. Çiçəklərin ifraz etdiyi bu nektarın tərkibində qlükoza və fruktoza ilə bərabər saxaroza da eyni miqdarda olarsa, onda arılar bu çiçəklər üzərində intensiv olaraq işləyirlər. Belə bitkilərə ağ akasiya, yonca, cökə, köyək, poruq, sürvə, qantəpər və sairə bitki növləri aiddir.

Nektarında qlükoza və fruktoza çox, saxaroza isə az olarsa, belə bitkilərdə arılar daha həvəslə işləyirlər. Məsələn: qıllı daraqçiçəyi, çin filbaharı, meşə daraqçiçəyi, günəbaxan və sairə bitkilər.

Əgər bitkinin ifraz etdiyi nektarın tərkibində saxaroza çoxluq təşkil edərsə, onda arıların belə bitkilərdən nektar toplaması həddindən çox zəifləyər, yaxud da tamamilə dayanar. Bu növ

bitkilərə Qafqaz əzgilini, çəmən yoncasını, kəndəlaş, əyri yumurtalıqlı yemişanı və sairəni misal göstərmək olar. İsmayılı rayonu ərazisində müşahidə etdiyimiz əsas nektar verən bitkilərin üzərində arılar çox həvəslə işləyirlər. Bu bitkilərin çiçəkləri orta hesabla bir gündə daha çox nektar ifraz edir, nektarının tərkibində qlükoza və fruktozanın miqdarı yüksəkdir və çiçəkləməsi uzun müddət davam edir. İsmayılı rayonunun əsas nektar verən bitkiləri və onların bəzi xüsusiyyətləri aşağıdakı cədvəldə şərh edilmişdir.

İsmayılı rayonunun bal və çiçək tozu verən bitkiləri

№	Bitkilərin adı	Çiçəklənmənin müddəti		Çiçəklənmənin davamı (günlərlə)	Bir hektar sahədə olan bitkilərin sayı	Bir hektar sahədəki bitkilərin ifraz etdiyi nektarın kq-la miqdarı	Bir hektar sahədəki bitkilərdən toplanan balın miqdarı (kq-la)	Bir hektar sahə üçün nəzərdə tutulan arı ailəsinin sayı
		başlanğıcı	sonu					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<i>Pyrus caucasica</i> Fed. – Qafqaz armudu	20.V	28.V	8	12500	12.0	8.0	0.09
2	<i>Malus domestica</i> Boch. – ev alması	16.V	30.V	14	13500	16.5	9.7	0.1
3	<i>Crataegus kyrtostyla</i> Fingerhut - yemişan	25.V	15.VI	20	3000	58.0	35	0.5
4	<i>Rubus sanguineus</i> Friv. – qanşirəli böyürtkən	20.VI	25.VII	35	1000	63.0	40.0	1.0
5	<i>Prunus domestica</i> L. - gavalı	30.IV	10.V	9	4500	50.1	30.0	0.5
6	<i>Robinia pseudacacia</i> L. – ağ akasiya	20.V	5.VI	15	7000	51.0	25.0	0.5
7	<i>Tilia caucasica</i> Rupr. – Qafqaz cökəsi	10.VI	22.VI	12	200000	1456.6	800.0	10.0
8	<i>Tilia cordata</i> Mill. – ürəkvari cökə	10.VI	20.VI	11	190000	1180.0	640.0	9.0
9	<i>Barbarea vulgaris</i> R.Br. – qövsvari vəzərək	5.V	6.VI	30	160000	150.0	90.0	1.0
10	<i>Onobrychis transcaucasica</i> Grossh. – Zaqafqaziya xaşası	20.VI	25.VII	35	215000	224.7	135.0	1.5
11	<i>Melilotus officinalis</i> (L.)Dest – xəşənbül	25.V	30.VI	37	150000	266.5	125.5	1.6
12	<i>Medicago sativa</i> L. em vass - əkin qara yoncası	25.V	30.VI	35	420000	413.0	280.0	3.0
13	<i>Trifolium repens</i> L. – ağ yonca	20.VI	5.VIII	40	175000	320.4	125.0	1.5
14	<i>Trifolium pratense</i> L. – çəmən yoncası	15.VI	31.VII	46	165000	477.0	270.0	3.0
15	<i>Eryngium campestre</i> L. – çöl zimbirtikanı	15.VII	21.VIII	35	50000	148.0	85.0	1.0
16	<i>Eryngium nigromontanum</i> Boiss et Bahsc. – Qaradağ zimbirtikanı	16.VII	20.VIII	35	65000	147.0	87.0	1.0
17	<i>Lythrum salicaria</i> L. – söyüdyarpaq ağlarot	25.VI	9.VIII	45	350000	372.0	240.0	3.0

*İsmayilli rayonunun əsas bal və çiçək tozu verən bitkiləri*

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	<i>Epilobium hirsutum</i> L. – tüklü onaqra	30.V	20.VII	50	58000	105.6	64.1	1.0
19	<i>Epilobium montanum</i> L. – dağ onaqrası	28.V	10.VII	40	55000	104.0	63.0	0.9
20	<i>Echium vulgare</i> L. – adi köyək	10.V	30.VI	50	145000	1288.3	700.0	8.2
21	<i>Phlomis pungens</i> Willd. S.L. – tikanlı bozaqgül	15.V	2.VII	47	58000	222.9	120.0	1.5
22	<i>Phlomis tuberosa</i> L. – yumrukök bozaqgül	20.V	30.VI	40	120000	187.1	103.0	1.0
23	<i>Leonurus villosus</i> Dsf. - Aslanquyruğu	10.VII	30.VIII	52	190000	588.0	230.5	3.0
24	<i>Stachys annua</i> L. – birillik poruq	30.V	6.VII	36	350000	119.3	70.0	1.0
25	<i>Stachys lanata</i> Jacq. – pambıqlı poruq	5.VI	20.VII	45	290000	380.9	220.5	2.5
26	<i>Stachys silvatica</i> L. – meşə poruqu	20.VI	22.VII	32	250000	244.0	150.5	2.0
27	<i>Salvia verbenaca</i> L. – minaçiçək sürvə	2.V	20.VII	78	210000	283.8	155.0	2.0
28	<i>Salvia nemorosa</i> L. – quru çöl sürvəsi	15.V	20.VII	66	215000	370.7	235.5	2.2
29	<i>Origanum vulgare</i> L. – adi qara ot	12.VII	21.VIII	40	175000	325.8	165.0	2.0
30	<i>Mentha longifolia</i> (L.) Huds. – uzunyarpaq yarpız	5.VII	25.VIII	50	178000	408.1	225.4	2.5
31	<i>Dipsacus strigosus</i> Willd. – qıllı daraq qanqal	25.VI	5.VIII	41	80000	275.5	188.5	2.2
32	<i>Dipsacus silvestris</i> Huds. – meşə daraq qanqalı	6.VII	15.VIII	40	58000	232.0	135.0	2.5
33	<i>Cephalaria caucasica</i> Litw. – Qafqaz qantəpəri	25.VI	26.VII	31	175000	776.9	620.0	7.2
34	<i>Cucurbita maxima</i> Duch. – qabaq (boranı)	25.VI	5.VIII	40	12000	136.8	69.2	1.0
35	<i>Helianthus cultus</i> Wenzl. – günəbaxan	25.VII	15.VIII	22	55000	70.1	44.5	0.7
36	<i>Echinops sphaerocephalus</i> L. - toppuztikan	20.VII	20.VIII	30	140000	825.0	495.0	5.3
37	<i>Arctium lappa</i> L. - pıtraq	10.VII	15.VIII	35	60000	525.5	285.0	3.0
38	<i>Carduus hamulosus</i> – adi qanqal	5.VI	6.VII	30	125000	150.6	90.2	1.5
39	<i>Cirsium ciliatum</i> (Murr.) M.B. – eşşəkqanqalı	20.VII	18.VIII	30	120000	150.8	92.5	1.3
40	<i>Centaurea iberica</i> Trav. – İberiya xoşaveri	10.VI	28.VIII	70	998500	155.5	61.5	1.0

Cədvəldə tədqiq edilən rayonun ərazisində əsas nektar verən bitkilərin çiçəkləmə müddəti, bir hektar sahədə olan bitkilərin ümumi miqdarı, bir çiçəyin gündəlik ifraz etdiyi nektarın milliqramlarla miqdarını bir-birinə vurmaqla hər hansı bir bitki növünün bir hektar sahəsindən götürülən nektarın miqdarı, bir hektar sahədəki bitkilərdən toplanan balın miqdarı və bir hektar bitki sahəsi üçün nəzərdə tutulan arı ailələrinin sayı verilmişdir.

Cədvəldən göründüyü kimi, 40-a qədər bitkinin nektar ifrazetmə xüsusiyyəti öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, 33-ə qədər əsas bal verən bitki növü hər hektardan 100-dən 1456

kiloqrama qədər nektar verə bilər. Yerdə qalan 7 bitki isə 12 kiloqramdan 70 kiloqrama qədər nektar verir. Ə.M.Quliyevin (3) göstərdiyi kimi, nektar vermə xüsusiyyətinə görə ağac və kol bitkilərinə nisbətən (cökə ağacı istisna olmaq şərti ilə) ot bitkilərinin daha çox məhsuldar olması müəyyən edilmişdir. Tədqiq olunan bitkilərin nektar məhsuldarlığından asılı olaraq, əsas bal verən bitkilərin bir hektar sahəsinə cədvəldə göstərilən sayda arı ailəsini qoymaq olar.

İsmayılı rayonu ərazisində tədqiq edilmiş əsas bal və çiçək tozu verən bitkilərin bəzi növlərini: ev almasını, böyürtkəni, gavalını, xəşənbülü, ağ və çəmən yoncasını, xaşanı, cökəni, pıtraqı, qanqalı və eşşəkqanqalını təsvir edək.

Alma ən yaxşı meyvə, bal və çiçək tozu verən bir bitkidir. Almanın təsərrüfat əhəmiyyəti də böyükdür. Hava şəraitindən asılı olaraq, İsmayılı rayonunda alma ağacı may ayının birinci ongunlüyünün sonunda və ya ikinci ongunlüyünün ortalarında çiçəkləməyə başlayır. Almanın çiçəkləməsi 14 gün davam edir. Müşahidələr göstərmişdir ki, ev almasının bir çiçəyi gün ərzində orta hesabla 1,40 mq nektar ifraz edir. Bir hektar sahədə olan ev almasının çiçəklərindən orta hesabla 16,5 kq nektar alınır. Bir hektar alma bağından təxminən 9,7 kq-a qədər bal götürmək olar. Ona görə də bir hektar sahədə olan alma ağaclarını tozlandırmaq və nektar toplamaq üçün 0,1 arı ailəsi nəzərdə tutulur.

Böyürtkən İsmayılı rayonu şəraitində iyun ayının ikinci ongunlüyünün sonunda çiçəkləməyə başlayır. Çiçəkləmə müddəti 35 gün davam edir. Böyürtkən kol bitkiləri içərisində yaxşı nektar və çiçək tozu verən bitkidir. Bu bitkinin bir hektar sahəsindən 63,0 kq nektar alınır. Beləliklə, bir hektar böyürtkən sahəsindən təxminən 40 kq-a qədər bal götürmək olar. Bitkinin bir hektar sahəsində 1,0 normal arı ailəsi saxlamaq nəzərdə tutulur.

Xəşənbül (ballı yonca) ikiillik bitki olub, Azərbaycanın bütün bölgələrində yayılmışdır. Xəşənbül alkaloidli, efirli, yağlı və yaxşı bal verən bitkidir. Çiçəkləmə müddəti 37 gün davam edir. Bir hektar xəşənbülün əkin sahəsi 266,5 kq nektar verə bilər. Bir hektar sahədən 125,5 kq-a qədər bal götürmək olar. Yəni xəşənbülün bir hektar əkin sahəsində 1,6 arı ailəsi saxlamaq mümkündür.

Üçyarpaq yonca çoxillik ot bitkisidir. Ə.M.Quliyevin (3) göstərdiyi kimi, Azərbaycanda bu bitkinin 30-dan çox növü yayılmışdır. Azərbaycan ərazisində ən çox çöl yoncası, şabdər, ağ yonca və çəmən yoncası yayılmışdır. Müşahidə edilmişdir ki, hava şəraitindən asılı olaraq bal arıları əsasən isti və quraqlıq dövərində bu bitkilərdən nektar toplayırlar. Yuxarıda göstərilən ağ və çəmən yoncasının çiçəkləmə müddəti uzun olub, iyun ayının ikinci ongunlüyündən başlayır və avqust ayının əvvəllərinə qədər davam edir. Müəyyən edilmişdir ki, ağ yoncanın bir hektar əkin sahəsinin nektar məhsuldarlığı 320,4 kiloqramdır. Bir hektar əkin sahəsindən 125,0 kq bal götürmək olar ki, bunun hesabına da 1,5 arı ailəsi saxlamaq mümkündür. Çəmən yoncasının bir hektar əkin sahəsinin nektar məhsuldarlığı 477 kq olmuşdur. Bir hektar əkin sahəsindən götürülən balın təxmini miqdarı 270 kq ola bilər. Beləliklə, bir hektar əkin sahəsinə 3,0 arı ailəsi qoymaq olar.

Xaşa Azərbaycanın dağlıq və dağətəyi rayonlarında geniş yayılmış çoxillik ot bitkisidir. Xaşanın bir çox növləri vardır. Bunlardan da bizim respublikanın rayonlarında əkin xaşası və hündür xaşa növləri geniş surətdə yayılmışdır. Xaşadan heyvandarlıqda vitaminli yem və arıçılıqda isə yaxşı bal verən bitki kimi istifadə olunur. Tədqiqat rayonunda xaşa hava şəraitindən asılı olaraq iyun ayının ikinci ongunlüyündən çiçəkləməyə başlayır və çiçəkləmə müddəti 35 gün çəkir. Bir hektar əkin sahəsinin nektar məhsuldarlığı 224,7 kq-a bərabərdir. Bir hektar xaşanın əkin sahəsindən götürüləcək balın təxmini miqdarı 135 kiloqramdır ki, bunun hesabına da 1,5 arı ailəsi saxlamaq olar.

Cökə ağac bitkisi olub, Azərbaycan ərazisində onun 4 növü: Qafqaz cökəsi, ürəkvari cökə, priminko cökəsi və iriyarpaq cökə yayılmışdır. Cökə bal arıları üçün həm bal, həm də çiçək tozu verən ağac bitkisidir. İyun ayının əvvəllərindən çiçəkləməyə başlayır. Çiçəkləməsi 12 gün davam edir. Arıçılıqda cökənin növlərindən Qafqaz cökəsi və ürəkvari cökə birinci dərəcəli bal verən bitki hesab edilir. Qafqaz cökəsinin bir hektar sahəsində olan bitkilərin nektar məhsuldarlığı 1456,6 kq-a çatır. Deməli, bir hektardan götürüləcək balın təxmini miqdarı 800 kq ola bilər ki, bunun hesabına da 10 arı ailəsi saxlamaq mümkündür. Ürəkvari cökənin bir hektar sahəsində



olan bitkilərdən 1180 kq nektar alınmışdır. Bir hektar sahədən götürüləcək balın təxmini miqdarı 640 kq-dır. Bu hesabla da ürəkvari cökənin bir hektarında 9 arı ailəsi saxlamaq olar.

Pıtraq Azərbaycanın dağlıq rayonlarında çox geniş yayılmış ikiillik bitkidir. Pıtraq xalq təsərrüfatının müxtəlif sahələrində istifadə olunan və yaxşı bal verən bitkidir. İyun ayının birinci ongunlüyünün sonu, yaxud ikinci ongunlüyünün əvvəlində çiçəkləyir. Çiçəkləmə müddəti 35 gün davam edir. Bir hektar əkin sahəsinin nektar məhsuldarlığı 525,5 kiloqramdır. Bir hektar pıtrağın əkin sahəsinin bal məhsuldarlığı 285 kq-a çatır. Bu qədər balın yığılması üçün bir hektar sahəyə 3,0 arı ailəsi qoymaq olar.

Azərbaycanın ərazisində ikiillik ot bitkisi qanqalın bir çox növləri yayılmışdır. Bunlardan yaxşı bal verən və geniş yayılanı adi qanqal növüdür. Adi qanqal ən yaxşı bal və çiçək tozu verən bitkidir. Çiçəkləməsi iyun ayının əvvəllərindən başlayıb, 30 gün davam edir. Bir hektar adi qanqal sahəsinin nektar məhsuldarlığı təxminən 150,6 kiloqramdır. Bir hektar əkin sahəsinin bal məhsuldarlığı 90,2 kq-a çatır. Bu bitkinin bir hektar sahəsinə 1,5 arı ailəsi qoymaq olar. Ədəbiyyat məlumatlarına əsasən Azərbaycanda eşşəkqanqalının 20-dən artıq növü yayılmışdır. Eşşəkqanqalı da ikiillik ot bitkisidir. Eşşəkqanqalı iyul ayının ikinci ongunlüyünün axırlarında çiçəkləyir. Çiçəkləmə müddəti 30 gün davam edir. Bir hektar əkin sahəsinin nektar məhsuldarlığı 150,8 kq-a bərabərdir. Bu bitkinin bir hektar sahəindən götürüləcək balın təxmini miqdarı 92,5 kq-a çatır ki, bunun hesabına da bir hektar sahədə 1,3 arı ailəsi saxlamaq olar.

#### **ƏDƏBİYYAT**

1. Глухов М.М. Медоносные растения. изд. 6. М.: Сельхозгиз, 1956, 512 с.
2. Гринфельд Э.К. Происхождение и развитие антофилии у насекомых. Л.: ЛГУ, 1978, 205 с.
3. Quliyev Ə.M. Azərbaycanın bal verən bitkiləri. Bakı: AFPoliqrAF, 2014, 352 s.
4. Давыдова Н.С. Пчелы повышают урожай семян люцерны. Межсовхозная переключка, 1939, № 2.

#### **РЕЗЮМЕ**

#### **ОСНОВНЫЕ ПЫЛЬЦЕНОСНЫЕ И МЕДОНОСНЫЕ РАСТЕНИЯ В ИСМАЙЛИНСКОМ РАЙОНЕ**

*Гадимов В.А., Сулейманова Н.М., Шаммедова И.Х.*

**Ключевые слова:** пчелиная семья, растение, медоносная пчела, пыльца, нектар, мед.

В статье приводятся данные по срокам цветения растений – основных нектароносов, общему числу этих растений на данном участке, количеству произведенного растениями нектара, приблизительному количеству мёда, полученного с данного участка, и предусмотренному числу пчелиных семей для него на территории района площадью в 1 Га. В ходе исследований изучены нектароносные особенности 40 видов растений.

#### **SUMMARY**

#### **MAIN HONEY AND POLLINIFEROUS PLANTS OF ISMAYILLI REGION**

*Gadimov V.A., Suleymanova N.M., Shammadova I.H.*

**Key words:** plant, honey bees, pollen, nectar, honey

The article presents the data obtained during the study in 1 hectare area, according to flowering period of plants the main nectariferous, the total number of plants in this area, the amount of nectar produced by plants - the approximate amount of honey obtained from this area and the provided number of bee families for this area. Nectar features of 40 plant species were examined.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	01.03.2017
	Son variant	26.12.2017

UOT 519.95

## PARALEL MODULLARDAN İBARƏT AVTOMATLAŞDIRILMIŞ KOMPLEKSİN İDARƏETMƏ MODELİ

<sup>1</sup>MUSTAFAYEV VALEH AZAD oğlu

<sup>2</sup>ZEYNALABDIYEVA İRADƏ SƏMƏD qızı

<sup>2</sup>RUFULLAYEVA RƏNA AĞABALA qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1-professor, 2-doktorant

[irada0907@mail.ru](mailto:irada0907@mail.ru)

*Açar sözlər:* modelləşdirmə, qeyri-səlis Petri şəbəkəsi, çevik istehsal modulu, avtomatlaşdırılmış kompleks.

**Giriş.** Paralel asinxron proseslərin tədqiqi və modelləşdirilməsi qeyri-müəyyənlik, qeyri-səlislik, zaman, resurs və digər məhdudiyyətlərlə xarakterizə olunan verilənlərin formalizasiyasıdır. Sistemin modelləşdirilməsi üçün əsas verilənlər baş verən hadisələr və onlar arasındakı məntiqi əlaqələrdir. Elementlərin mürəkkəb struktur, funksional və səbəb-nəticə əlaqələrinin qeyri-müəyyən parametrlərlə verilməsi sistemin layihələndirilməsi və modelləşdirilməsi prosesini çətinləşdirir. Bu halda modelləşdirmə aparatı kimi qeyri-səlis Petri şəbəkəsi (PŞ) və onun müxtəlif modifikasiyalarından istifadə perspektiv istiqamətdir. Məqalədə qeyri-müəyyən şərtlər daxilində paralel işləyən çevik istehsal modullarından ibarət avtomatlaşdırılmış kompleksin qeyri-səlis Petri şəbəkəsi şəklində idarəetmə modelinin qurulmasına baxılır.

**Bir marşrut üzrə avtomatlaşdırılmış kompleksin şəbəkə modeli.** Paralel işləyən çevik istehsal modullarından ibarət avtomatlaşdırılmış kompleksə üç çevik istehsal modulu daxildir (Şək.1): (ÇİM), hər bir modula daxildir: qurğu (QR), sənaye robotu (SR), iki saxlayıcı :  $S_1$  - emal olunmamış detallar üçün ;  $S_2$  – emal olunmuş detallar üçün ; iki nəqliyyat manipulyatoru (NM); emal edilməmiş detalların saxlayıcısı (EDS); emal edilmiş hazır detalların saxlayıcısı (HDS); paylayıcı yığıcı robot (PYR); avtomatlaşdırılmış anbar (AA).

Avtomatlaşdırılmış kompleksin idarəetmə modeli modifikasiyalı qeyri-səlis PŞ şəklində təsvir edilir [1]:

$$C_f = (N_p, f, \lambda, \mu_0)$$

burada :

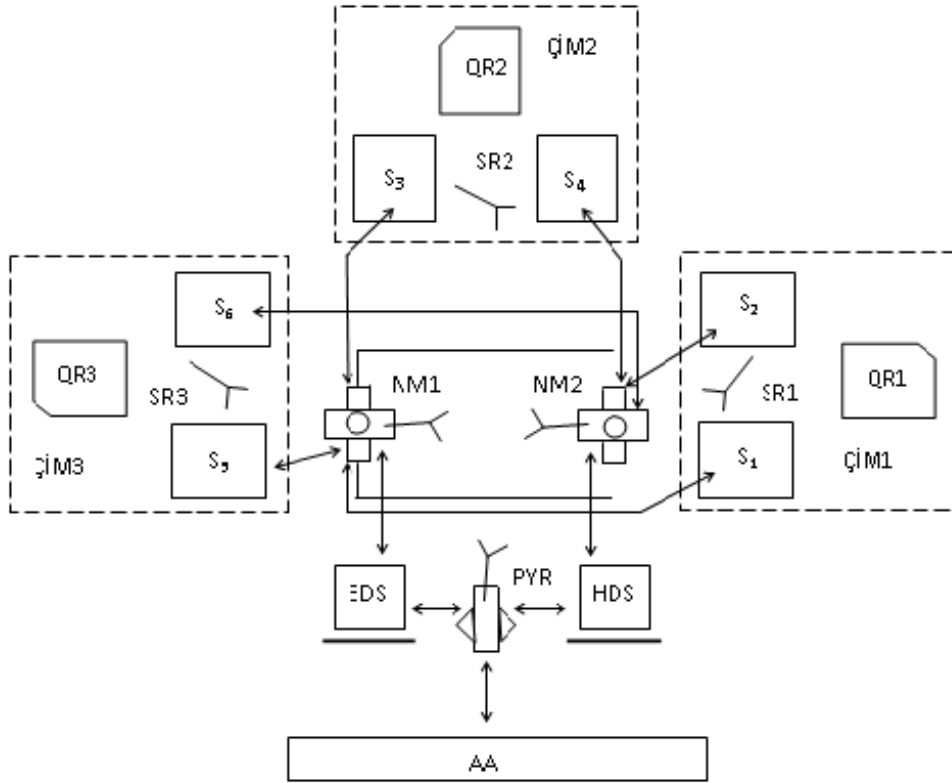
- \*  $N_p = (P, T, I, O)$  - modifikasiyalı qeyri-səlis PŞ-nin strukturudur: ( $P = \{p_i\}, (i = \overline{1, n})$ ) - sonlu qeyri-səlis mövqelər çoxluğu;  $T = \{t_i\}, (i = \overline{1, m})$  - sonlu qeyri-səlis keçidlər çoxluğu;  $I: P \times T \rightarrow (0,1)$  və  $O: T \times P \rightarrow (0,1)$  - uyğun olaraq keçidlərin giriş və çıxış funksiyalarıdır);
- \*  $f = (f_1, f_2, \dots, f_m)$  - qeyri-səlis keçidin yerinə yetirilməsinin mənsubluq funksiyası vektorunun qiymətləridir, hər bir  $f_i \in [0,1], [\forall i \in (1, 2, \dots, N)]$ ,  $N$ - natural ədədlər çoxluğudur;
- \*  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)$  - keçidin yerinə yetirilməsinin həyacanlanma həddi vektorunun qiymətləridir, hər bir  $\lambda_i \in [0,1], [\forall i \in (1, 2, \dots, N)]$ ;
- \*  $\mu_0 = (\mu_1^0, \mu_2^0, \dots, \mu_n^0)$  - başlanğıc markerləşmə vektorudur. Bu vektorun hər bir elementi şəbəkənin uyğun mövqeyində yerləşən bir markerin qeyri-səlis mənsubluq funksiyasının qiyməti ilə təyin olunur, hər bir  $\mu_i^0 \in [0,1], [\forall i \in (1, 2, \dots, N)]$ .

Modifikasiyalı qeyri-səlis PŞ-nin cari vəziyyəti  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$  vektoru ilə təyin edilir. Bu vektorun elementləri  $(\mu_i \in [0,1])$   $p_i \in P$  mövqesində yerləşən bir markerin qeyri-səlis mənsubluq funksiyasının qiyməti ilə təyin olunur.

Modifikasiyalı qeyri-səlis PŞ-nin  $t_j \in T$  keçidi hər hansı  $\mu$  cari markerləşməsində

$$\min\{m_i\} \geq \lambda_k / [i \in (1,2,\dots,N)] \wedge [I(p_i, t_k) > 0]$$

şerti ödənildikdə icazəlidir.



Şəkil 1. Avtomatlaşdırılmış kompleksin struktur sxemi

Modifikasiyalı qeyri-səlis PŞ-nin  $t_j \in T$  keçidi cari  $\mu$  markerləşməsində icazədirsə, qeyri-səlis  $t_j$  keçidi yerinə yetirildikdən sonra yeni alınan  $\mu = (\mu'_1, \mu'_2, \dots, \mu'_n)$  markerləşmə vektorunun elementləri aşağıdakı düsturla təyin edilir:

hər bir  $p_i \in P$ ,  $O(p_i, t_k) > 0$  çıxış mövqeləri üçün:

$$\mu'_i = \max\{\mu_i, \min(\mu_i, f_k)\} / [(\forall p_i \in P) \wedge$$

$$O(t_k, p_i) > 0]$$

$$[i \in (1,2,\dots,N)] \wedge [I(p_i, t_k)] > 0.$$

Avtomatlaşdırılmış kompleksin fəaliyyət modeli [2]-də verilmiş alqoritmin tətbiqi ilə qurulur.

Qeyri-səlis Petri şəbəkəsinin mövqelər və keçidlər çoxluğu aşağıdakı kimi təyin edilmişdir. Mövqelər çoxluğu: P<sub>1</sub>- NM HDS-in mövqeyindədir, tutqac qurğusu bağlıdır; P<sub>2</sub>- NM EDS-ə detal boşaldır; P<sub>3</sub>- NM HDS-in mövqeyinə doğru hərəkət edir; P<sub>4</sub>- NM HDS-in mövqeyindədir, tutqac qurğusu açıqdır; P<sub>5</sub>- NM HDS-dən emal edilməmiş detal götürür; P<sub>6</sub>- NM ÇiM1-in giriş saxlayıcısına doğru hərəkət edir, tutqac qurğusu bağlıdır; P<sub>7</sub>- NM ÇiM1-in giriş saxlayıcısı mövqeyindədir, tutqac qurğusu bağlıdır; P<sub>8</sub>- HDS boşdur; P<sub>9</sub>- HDS-də detal var; P<sub>10</sub>- EDS boşdur; P<sub>11</sub>- EDS-də detal var; P<sub>12</sub>- PYR HDS-in mövqeyinə hərəkət edir; P<sub>13</sub>- PYR HDS-dən

detal götürür; P<sub>14</sub>- PYR hazır detalı AA-nın saxlayıcısına yerləşdirir, emal olunmamış detallarla yüklənir; P<sub>15</sub>- PYR EDS-in mövqeyindədir, tutqac qurğusu bağlıdır; P<sub>16</sub>- PYR EDS-ə detal yerləşdirir; P<sub>17</sub>- PYR HDS-ə doğru hərəkət edir, tutqac qurğusu açıqdır.

Keçidlər çoxluğu: t<sub>1</sub> - NM emal edilmiş detalı HDS-ə boşaltmağa başlayır; t<sub>2</sub> - NM-in boşaltma prosesi başa çatdı; t<sub>3</sub> - NM EDS-in yüklənmə mövqeyindədir; t<sub>4</sub> - NM EDS-dən emal edilməmiş detalları yükləməyə başlayır; t<sub>5</sub> - NM-in EDS-dən yükləmə prosesi sona çatdı; t<sub>6</sub> - NM ÇİM-in yüklənmə mövqeyindədir; t<sub>7</sub> - PYR-in EDS-də yükləmə prosesi sona çatdı; t<sub>8</sub> - PYR HDS-in boşaltma mövqeyindədir; t<sub>9</sub> - PYR HDS-in boşaltma prosesinə başladı; t<sub>10</sub> - PYR -in HDS-də boşaltma prosesi sona çatdı; t<sub>11</sub> - PYR EDS-in yükləmə mövqeyindədir; t<sub>12</sub> - PYR EDS-dən yükləmə prosesinə başladı.

Şəbəkənin keçidlərinin giriş  $f = \{f_{ij}\}$ , çıxış  $h = \{h_{ij}\}$ ,  $d = \{d_{ij}\}$  insidentlik matrislərinin elementləri aşağıdakı kimi təyin edilərək idarəetmə modelinin strukturunu formalaşdırır [2,3 ]:

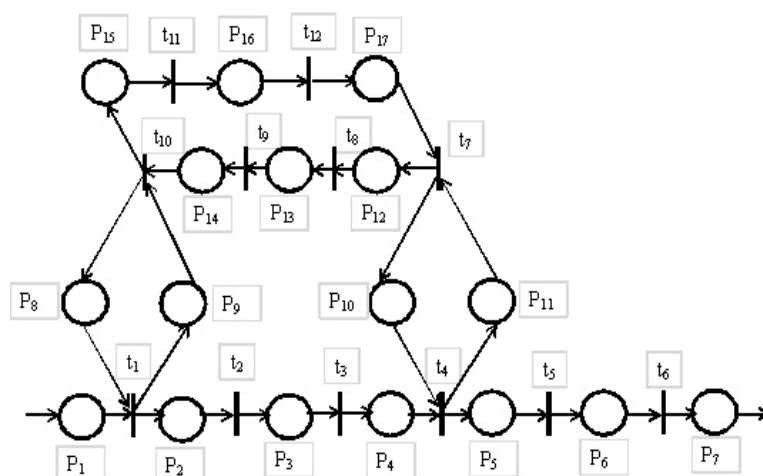
$$f_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{əgər } p_i \in l(t_j), \\ 0, & \text{əgər } p_i \notin l(t_j), \end{cases} \quad h_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{əgər } p_i \in O(t_j), \\ 0, & \text{əgər } p_i \notin O(t_j), \end{cases} \quad d_{ij} = \begin{cases} -1, & \text{əgər } p_i \in l(t_j), p_i \notin O(t_j), \\ 1, & \text{əgər } p_i \notin l(t_j), p_i \in O(t_j), \\ 0, & \text{əgər } p_i \notin l(t_j), p_i \notin O(t_j), \end{cases}$$

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

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

$$d = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

Bir marşrut üzrə avtomatlaşdırılmış kompleksin idarəetmə modelinin qraf-sxemi Şək. 2. də göstərilmişdir.



Şəkil 2. Bir marşrut üzrə avtomatlaşdırılmış kompleksin idarəetmə modelinin qrafik sxemi

**Nəticə.** Bir marşrut üzrə avtomatlaşdırılmış kompleksin modeli qurulmuşdur. Modelin mövqeləri üçün keçidlər çoxluğu təyin olunaraq struktur formalaşmış, şəbəkənin qrafik sxemi işlənmişdir.

### ƏDƏBİYYAT

1. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. М.: Горячая линия–Телеком, 2012. 284 с.
2. Мустафаев В.А., Гусейнзаде Ш.С., Джафарова Ш.М. Анализ производственных моделей динамических взаимодействующих процессов с применением модифицированных нечетких сетей Петри. Вестник компьютерных и информационных технологий, №2 (152), М.: 2017, с.21-25.
3. Ахмедов М.А., Мустафаев В.А. Моделирование динамических взаимодействующих процессов с применением стохастических и нечетких сетей Петри. // Электронное моделирование, том 35, №4, Киев: 2013, с.109-121.

**РЕЗЮМЕ**

**МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ,  
СОСТОЯЩИМИ ИЗ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ**

*Мустафаяев В.А., Зейналабдыева И.С., Руфуллаева Р.А.*

**Ключевые слова:** *моделирование, нечеткие сети Петри, гибкие производственные модули, автоматизированный комплекс.*

В докладе рассматривается создание структуры модели управления параллельно работающих производственных модулей со структурными элементами нечеткой сети Петри. Сформированы входные, выходные, инцидентные матрицы. Разработана структура и графическая схема модели.

**SUMMARY**

**MANAGEMENT MODEL OF AUTOMATED COMPLEX CONSISTING  
OF THE PARALLEL MODULES**

*Mustafayev V.A., Zeynalabdiyeva I.S., Ruffullayeva R.A.*

**Key words:** *modeling, fuzzy Petri nets, flexible production modules, automated complex.*

In this thesis the development of management models of the complex consisting of automated parallel modules is reviewed as a subject matter. The structure of management model of the automated complex consisting of parallel flexible manufacture modules and a graph-scheme of a route of the model are introduced.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	07.06.2017
	Son variant	26.12.2017

UOT 62-51

## TƏNZİMLƏMƏ SİSTEMLƏRİNİN MATLAB – SİMULİNKDƏ FAZA PORTRETLƏRİNİN QURULMASI

RÜSTƏMOV QƏZƏNFƏR ƏRƏSTUN oğlu

*Azərbaycan Texniki Universiteti, professor*

<sup>1</sup>AĞAYEV ULDUZ XEYRULLA oğlu

<sup>2</sup>ƏLİYEV SƏBİNƏ BALAKİŞİ qızı

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

[gazanfar.rustamov@gmail.com](mailto:gazanfar.rustamov@gmail.com)

[ulduz1969@mail.ru](mailto:ulduz1969@mail.ru)

*Açar sözlər: dinamik obyekt, faza portreti, MATLAB-Simulink, M-fayl, riyazi rəqqas*

*Məqalədə dinamik obyektlərin faza portretlərinin MATLAB-Simulink texnologiyası əsasında qurulmasına baxılmışdır. Əsas məsələ faza trayektoriyalarının sayını artırmaqla faza portretini daha effektiv və informativ etməkdən ibarətdir. Simulinkdə əl ilə daxil edilən başlanğıc şərtlərin sayı məhdud və yorucu olduğundan bu prosesin M-faylın köməyi ilə və ya MATLAB-da proqramlaşdırma yolu ilə avtomatlaşdırılması vacib praktiki əhəmiyyət kəsb edir. Metodikanın üstünlüyünü təsdiq edən konkret misallar verilmişdir.*

**1. Faza portretlərinin qurulmasının klassik üsulları.** Faza portreti - faza traektoriyaları çoxluğundan ibarətdir. Qeyri-xətti sistemlərdə tarazlıq nöqtələrinin tipi müxtəlif, sayı isə xətti sistemlərdə olduğu kimi bir deyil, çox olduğundan faza traektoriyaları bütün çəzətmə oblastlarını əhatə etməlidir. Bundan başqa, tarazlıq nöqtələrini və sistemin dinamik xüsusiyyətlərini adekvat tədqiq edə bilmək üçün onların sıxlığı kifayət qədər olmalıdır.

Faza portretlərinin qurulmasında, əsasən, iki usuldan geniş istifadə edilir [1,2]:

- analitik üsul;

- qrafoanalitik olan izoklin üsulu.

Bu üsullar, əsasən, ikiölçülü obyektlər üçün önəmlidir.

Fərz edək ki, iki tərtibli ( $n=2$ ) obyektin sərbəst hərəkəti aşağıdakı tənliklə verilmişdir:

$$\ddot{y} + f(y, \dot{y}) = 0.$$

$x_1 = y$ ,  $x_2 = \dot{y}$  əvəzləməsi etməklə, bu tənliyi vəziyyət koordinatlarında yazılmış ekvivalent tənliklər sisteminə gətirmək olar:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= f_1(x_1, x_2), \\ \frac{dx_2}{dt} &= f_2(x_1, x_2). \end{aligned} \quad (1)$$

Başlanğıc şərtlər sıfır olmayıb, sərbəst hərəkət yaradır.

$$x_1(0) = x_{10}, \quad x_2(0) = x_{20}$$

Burada  $x_1, x_2$  – faza və ya vəziyyət koordinatları;  $f_1, f_2$  – ümumi halda qeyri-xətti funksiyalardır.

**1.1. Analitik üsul.** Əgər (1) diferensial tənliyinin analitik həlli mövcuddursa, tapılmış  $x_1(t)$  və  $x_2(t)$  həlləri faza trayektoriyasının parametrik (parametr  $t$ -dir) formada verilmiş tənliyədir.

Bəzi hallarda ilkin diferensial tənliklər əvəzinə (1)-də ikinci tənliyin birinciyə bölünməsindən alınan bir tərtibli tənlikdən istifadə olunur:

$$\frac{dx_2}{dx_1} = \frac{f_1(x_1, x_2)}{f_2(x_1, x_2)} \quad (2)$$

Bu tənlik faza traektoriyalarının diferensial tənliyidir. Analitik həll mövcuddursa biləvasitə faza trayektoriyalarının  $x_2 = \varphi(x_1, x_{10}, x_{20})$  tənliyini almaq olar.

**1.2. Qrafoanalitik üsul.** Faza trayektoriyalarını qurmaq məqsədi ilə əvvəllər **izoklin, delta-üsul, Pell** və s. qrafiki üsullardan geniş istifadə edilirdi. Lakin kompüterlərin və ədədi inteqrallama üsullarının meydana gəlməsi nəticəsində bu üsullar öz aktuallığını itirməkdədir.

*İzoklin üsulu.* İfadə (2) – ni aşağıdakı şəkildə yazmaq:

$$\frac{dx_2}{dx_1} = \frac{f_1(x_1, x_2)}{f_2(x_1, x_2)} = k(x_1, x_2).$$

Göründüyü kimi,  $k(x_1, x_2)$  kəmiyyəti  $(x_1, x_2)$  nöqtəsində faza trayektoriyasına çəkilən toxunanın bucaq əmsəlidir. Faza trayektoriyasının istiqaməti  $(x_1, x_2)$  nöqtəsinin yaxın ətrafında bu toxunanın istiqamətinə yaxın olduğundan kifayət qədər sıx toxunanlar sahəli faza trayektoriyalarını qurmaq olar.

Toxunanlar sahəsini qurmaq məqsədi ilə bu sahənin

$$\frac{f_1(x_1, x_2)}{f_2(x_1, x_2)} = k \quad (3)$$

tənliyindən istifadə etmək olar.  $x_1$  və  $x_2$  dəyişənlərinə bizi maraqlandıran oblastdan müxtəlif qiymətlər verərək hər dəfə  $k$ -ni hesablayıb  $(x_1, x_2)$  koordinatlı nöqtədən  $\alpha = \arctg k$  bucağına malik olan toxunanın kiçik parçasını çəkmək olar. Lakin bu yol rəasional olmayıb, toxunanlar sahəsinin qanunauyğunluğunu izləməyi çətinləşdirir.

Bu səbəbdən  $k$ -ya  $k \in [-k_{\min}, k_{\max}]$  intervalından sabit qiymətlər verməklə, hər dəfə uyğun  $x_2 = \varphi_1(x_1, k)$ ,  $k = const$  əyrisini qururlar. Bu tənlik qeyri-əşkar (3) tənliyinin  $x_2$  dəyişəninə nəzərən həll edilməsi nəticəsində alınmışdır və izoklinin tənliyidir. Deməli, **izoklin** faza trayektoriyalarına çəkilən eyni mailliyə malik toxunanların həndəsi yeridir. Burada **izo** – “sabit, dəyişməz”, **klin** isə “toxunan” deməkdir. İzoklinin tənliyi xətti şəkildə olur.

Hər bir izoklin əyrisi üzərində istiqaməti təyin etmək üçün müəyyən interval ilə  $k = const$  sabit qiymətinə uyğun bir-birinə paralel olan toxunanların kiçik parçaları çəkilir. Sonra hər hansı bir izoklinin üzərindən başlayaraq uyğun toxunana paralel və növbəti izoklini kəsənə qədər düz xətt çəkirlər və s. Bu halda faza trayektoriyasının hissə-hissə xətti aproksimasiyası baş verir və dəqiqlik izoklinlərin sıxlığından asılı olur.

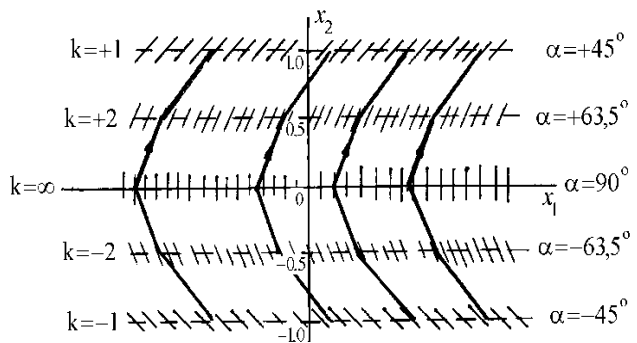
Nəzəri müddəaları daha yaxşı başa düşmək məqsədilə bu bölməni misal ilə yekunlaşdırıraq.

İkiqat inteqrallayıcı obyekt  $\dot{x}_1 = x_2$ ,  $\dot{x}_2 = u$  üçün faza trayektoriyasının qurulmasına baxaq. Bu halda izoklinin tənliyi:

$$x_2 = \frac{u}{k}, \quad k \neq 0$$

$u = +1$  qəbul edək. Şəkil 1-də bucaq əmsəlinin  $k = \{-2, -1, +1, +2\}$  qiymətlərində müvafiq izoklinlər (qırıq-qırıq xətlər) və toxunanlar sahəsi göstərilmişdir.

Göründüyü kimi,  $u = +1$  qiymətində faza traektoriyaları parabolalardan ibarətdir.



Şəkil 1.



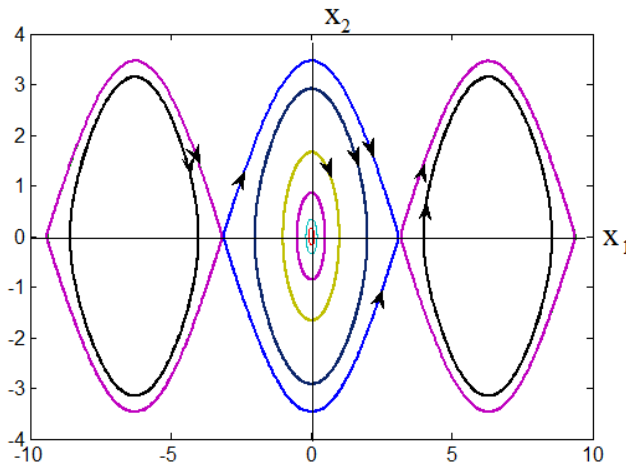
**2. Simulinkdə başlanğıc şərtlərin əl ilə daxil edilməsi.** Obyekt kimi sürtünməyə malik olmayan riyazi rəqqasın sərbəst hərəkətinin faza portretinin qurulmasına baxaq. Obyektin tənliyi [3]:

$$d^2\theta/dt^2 = -k_1 \sin \theta, \quad k_1 = g/l.$$

Burada  $m$  –yükün kütləsi;  $\theta$  – tarazlıq vəziyyətindən (şaquli) meyiletmə bucağı;  $l$  – milin uzunluğudur.  $y = x_1 = \theta, x_2 = \dot{y} = \dot{\theta}$  işarə etsək, rəqqasın vəziyyət koordinatlarında tənliyini alarıq:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= -k_1 \sin x_1, \\ y &= x_1. \end{aligned}$$

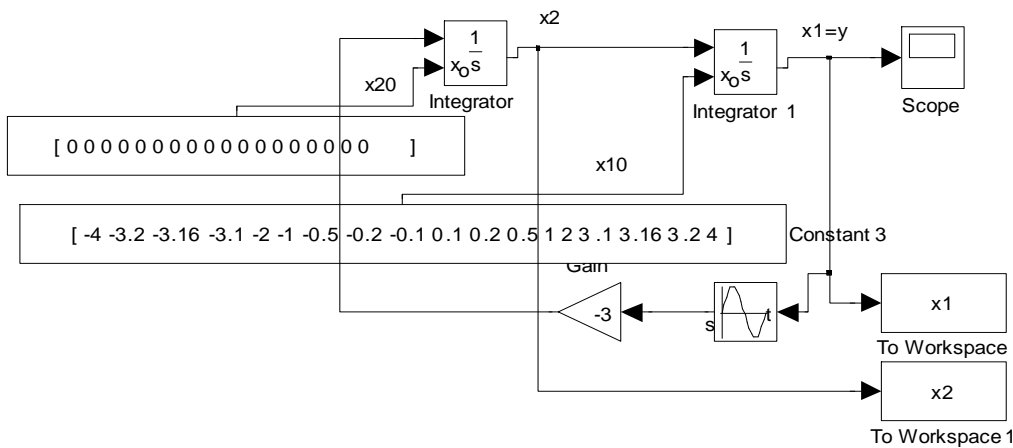
Sürtünmə mövcud olmadığından bu obyektin stasionarları “mərkəz” tipli (sönməyən rəqsi proses) tarazlıq nöqtələrindən ibarətdir.



Şəkil 2. a)

Şəkil 2, a və b-də başlanğıc  $x_{10}$  və  $x_{20}$  şərtlərinin 18 qiyməti üçün qurulmuş faza portreti və tənliyin həllinin Simulink sxemi göstərilmişdir

Faza portreti MATLAB-ın əmrlər pəncərəsində yazılmış `plot(x1, x2)` əmrinin köməyi ilə alınır. Göründüyü kimi, 18 sayda başlanğıc nöqtədən istifadə olumasına baxmayaraq, faza portreti çox seyrək alınmışdır. Tarazlıq nöqtələrinin kiçik ətrafını əhatə edən başlanğıc nöqtələri əlavə etməklə, faza traektoriyalarının sıxlığını artırmaq olar. Bu olduqca yorucu əməliyyatdır.



Şəkil 2. b)

İnteqrallayıcıların rejimləri (bloka iki dəfə klik etməklə parametrlər pəncərəsini açmaq): External reset-**none**; İnitil condition source-**external** (Şəkil 1,2) və ya **internal**. Axırını rejimdə başlanğıc şərtləri əl ilə biləvasitə parametrlər pəncərəsinə də daxil etmək olar [-4 1 3... ] və ya M-fayldan istifadə etdikdə 1-ci inteqrallayıcıda **x10**, 2-cidə **x20** yazmaq lazımdır. Əl texnologiyasında başlanğıc şərtlərin sayı bərabər və ya hər hansı inteqratorda bir ədəd ola bilər.

**To Workspace** bloğunun rejimi: Variable name-**x1**, 2-ci blokda **x2**; Save format-**Array**.

Xətti sistemlər koordinat başlanğıcında yerləşən yeganə tarazlıq vəziyyətinə malik olduğundan başlanğıc şərtlərin əl ilə dəyişdirilməsi bu halda nisbətən qənaətbəxş hesab oluna bilər. Bir misala baxaq.

Fərz edək obyekt ikinci tərtib aperiodik dayanıqlı obyektidir:

$$W = \frac{1}{s^2 + 2.5s + 1}$$

Xarakteristik tənliyin kökləri:  $s_1 = -2$ ,  $s_2 = -0.5$ .

Şəkil 3-də uyğun olaraq 16 başlanğıc vəziyyət üçün qurulmuş faza portreti göstərilmişdir. Simulinkdə həll sxemi Şəkil 2-də verilib.

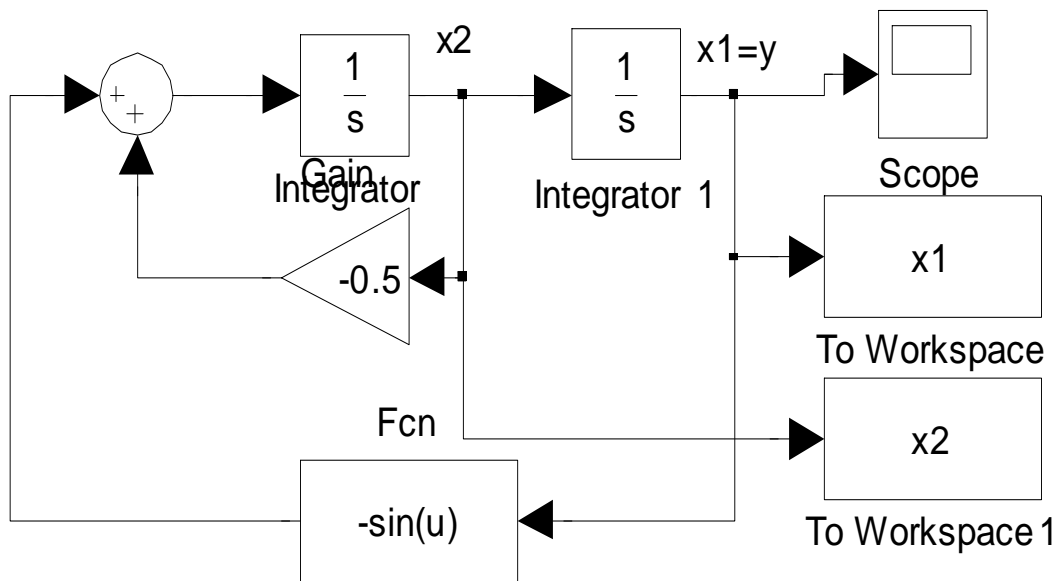
$x_2 = -0.5x_1$ ,  $x_2 = -2.5x_1$  asimptotlarının daxilinə faza traektoriyaları düşmədiyindən bu oblastı tədqiq etmək mümkün deyil. Bu çatışmazlıq başlanğıc şərtlərin əl ilə yorucu artırılması ilə qismən aradan qaldırıla bilər.

**3. Faza portretlərinin Simulinkdə M-faylın köməyi ilə qurulması.** Başlanğıc şərtlərin gərənasıyasını avtomatlaşdırmaqla (məsələn, separatrissalar ilə ayrılmış cəzətmə oblastları daxilində yerləşən təsadüfi kombinasiyalar şəklində və ya başlanğıc şərtlərin M-faylda proqramlaşdırma yolu ilə kiçik addımla dəyişdirilməsi və s.), baxılan “əl texnologiyasını” əhəmiyyətli dərəcədə təkmilləşdirmək olar.

Bu metodikanı sürtünməyə malik olan riyazi rəqqəsin faza portretinin qurulması misalında araşdıraq. Obyektin vəziyyət tənliyi:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= -\sin x_1 + 0.5x_2, \\ y &= x_1. \end{aligned}$$

Burada  $0.5x_2$  toplananı sürtünmə yaratdığından əvvəlki misaldan fərqli olaraq, bu obyektin tarazlıq nöqtələrinin tipi “dayanıqlı fokus”-dur (dayanıqlı rəqsi proses).



Şəkil 4.

M-faylından istifadə etməklə, faza portretinin qurulması aşağıdakı əsas bəndlərdən ibarətdir.

1. Tənliyin həllinin şəkil 1 və 2-yə uyğun Simulink sxemi qurulur (Şəkil 4).

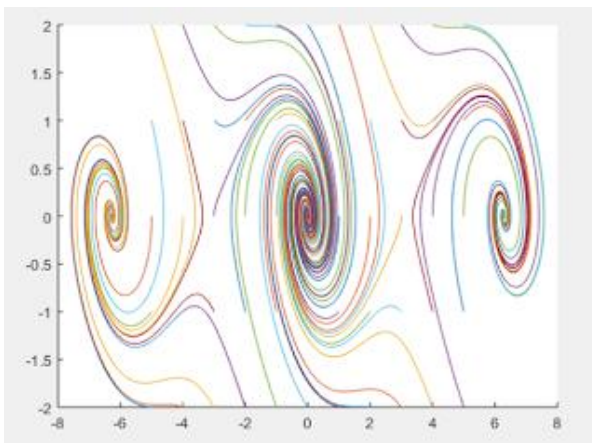
İnteqrallayıcılarda əvvəldə göstərilən rejimləri əldə edərək avtomatik dəyişdiriləcək MATLAB dəyişənləri x10 və x20 yazılır. To Workspace bloklarında **Array** rejimində **simout**-un əvəzinə x1 və x2 yazılır. Save (yadda saxlamaq) edib ad qoyulur (bizim halda, **pendulum**).

2. Faza portretinin qurulmasını avtomatlaşdırmaq məqsədilə aşağıdakı M-koddan istifadə etmək olar

```

Editor - C:\Users\Gazanfar Rustamov\Desktop\pendul.m*
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
1 - hold on
2 - x10=-2:1:2 % x1-e gore baslangic sertler intervali
3 - x20=-5:1:5 % x2-ye gore baslangic sertler intervali
4 - sim('pendulum') %Simulink modelin adi
5 - plot(x1,x2) % Qrafik
6 - hold on
script Ln 6 Col 9 OVR
    
```

3. Proqram icra olunduqdan sonra faza portreti görünən pəncərə açılacaq (şəkil 5).



Şəkil 5.

$$\begin{cases} x' = Ax + Bu \\ y = Cx + Du \end{cases}$$

State-Space

Şəkil 6.

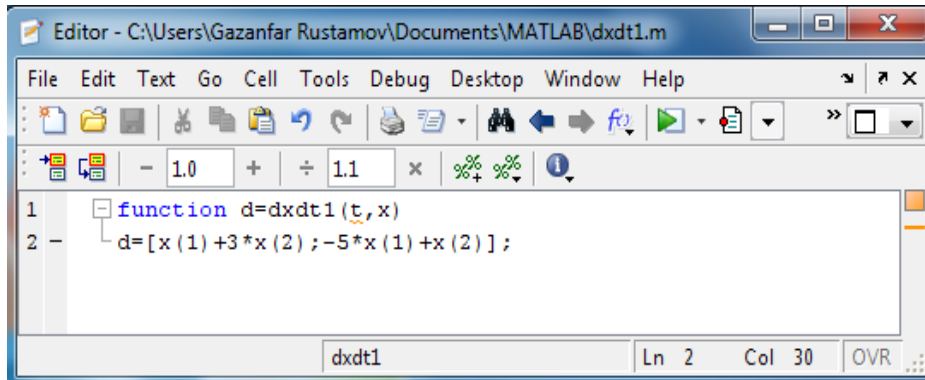
Başlanğıc şərtlərin M-fayla daxil edilmiş intervala və addıma uyğun olaraq alınmış faza portreti 55 faza traektoriyasından ibarətdir. Lazım gələrsə, traektoriyaların sayını artırmaq olar. Qeyd edək ki, faza portretinin qurulmasının avtomatlaşdırılmasında obyektin matris formasında verilmiş vəziyyət modelindən də istifadə etmək olar (Şəkil 6).

**4. MATLAB-da proqlaşdırma.** İndi MATLAB-da biləvasitə proqlaşdırma yolu ilə faza portretinin qurulmasına baxaq. Obyekt əlaqəli xətti tənliklər sistemindən ibarətdir:

$$dx/dt = x + 3y,$$

$$dy/dt = -5x + 2y.$$

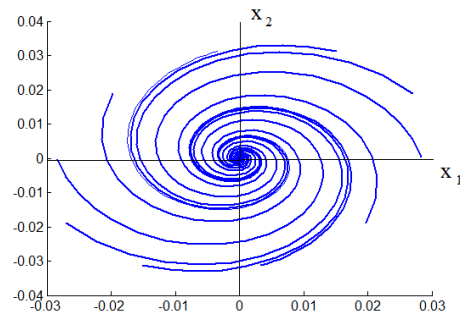
Əvvəlcə M-faylda diferensial tənliyin sağ tərəfi yazılır.



MATLAB-ın əmərlər pəncərəsində yazılan proqram və 11 traektoriyadan ibarət faza portreti Şəkil 7 a və b-də göstərilmişdir.

```
>> figure (1)
>> hold on
>> for theta =[0:10]*pi/5
x0=1e-5*[cos(theta);sin(theta)];
[t,x]=ode45(@dxdt1,[0 8],x0);
plot(x(:,1),x(:,2))
end
>>
```

a)



b)

Şəkil 7.

Şəkil 7,b-də oxlarla göstərilən faza sürətinin istiqaməti qeyd edilmədiyindən tarazlıq vəziyyətinin tipini təyin etmək mümkün deyil. Bu səbəbdən əlavə tədqiqatlara ehtiyac var. Xətti obyekt halında tarazlıq vəziyyətinin tipini  $\det(sI - A) = 0$  xarakteristik tənliyinin köklərinə ( $A$  matrisinin məxsusi ədədləri) əsasən təyin etmək olar. **eig(A)** funksiyasından istifadə edərək MATLAB - da məxsusi ədədləri tapan:

Köklərin həqiqi hissələri sıfırdan böyük olduğundan tarazlıq vəziyyəti dayanıqsızdır - tipi “dayanıqsız fokus” (şəkildən görünür), yəni proses dayanıqsız rəqs prosesidir.

**Nəticə.** Hazırda MATLAB - Simulinkdə faza portretlərinin qurulmasının kompyüter texnologiyalarının standart və universal vasitələri zəif inkişaf etmişdir. Bu səbəbdən müxtəlif tədqiqatçılar çoxlu sayda fərqli alqoritmlər təklif etməkdədirlər.

Məqalədə baxılan üsuldan istənilən dinamik obyektin faza portretinin qurulması üçün istifadə etmək mümkündür. Əsas çatışmayan cəhət tədqiq olunmamış, qeyri-müəyyən və xaotik sistemlərin keyfiyyətli faza portretlərini qurmaq üçün insanın əhəmiyyətli dərəcədə müdaxiləsinin tələb olunmasıdır.

```
>> A=[1 3;-5 2];
>> eig(A)

ans = 1.5000 + 3.8406i
      1.5000 - 3.8406i
```

### **ƏDƏBİYYAT**

1. Rüstəmov Q.Ə. Avtomatik tənzimləmə nəzəriyyəsi: Matlab /Simulinkdə modelləşdirmə. Bakı: Elm və təhsil, 2015, 750 s.
2. Rüstəmov Q.Ə. Avtomatik tənzimləmə nəzəriyyəsi. Bakı: Nasir, 2006, 530 s.
3. Арнольд В.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.: Наука, 1984, с.2.

### **РЕЗЮМЕ**

#### **ПОСТРОЕНИЕ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ В MATLAB – SIMULINK**

*Рустамов Г.А., Агаев У.Х., Алиева С.Б.*

**Ключевые слова:** *динамический объект, фазовый портрет, MATLAB-Simulink, M-файл, математический маятник*

В статье рассмотрена технология построения фазовых портретов в MATLAB-Simulink. Основной задачей является улучшение числа фазовых траекторий с целью получения более содержательных фазовых портретов. Вводимое вручную в Simulink число начальных условий является ограниченным и обременительным, поэтому автоматизация этого процесса с использованием программных средств является важной практической задачей. В работе с этой целью использован M-файл и прямое программирование в MATLAB. Даны конкретные примеры.

### **SUMMARY**

#### **CONSTRUCTING PHASE PORTRAITS OF THE REGULATORY SYSTEM IN MATLAB – SIMULINK**

*Rustamov G.A., Agaev U. Kh., Alieva S.B.*

**Key words:** *dynamic object, the phase portrait, MATLAB-Simulink, M-file, mathematical pendulum*

In the article reviewed the technology of construction of phase portraits in MATLAB - Simulink. The main taks to improve the number of phase trajectories in order to obtain meaningful more perfect phase portraits. Input by hand in Simulink number of initial conditions is limited and cumbersome. Therefore, the automation of this process with the use of software is an important practical task. The paper used for this purpose M-file and direct programming in MATLAB. Specific examples are given.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	11.10.2017
	Son variant	26.12.2017

UOT 66.091.676.677.728

## KAPSULLAŞDIRILMIŞ GÜBRƏ DƏNƏLƏRİNİN MEXANİKİ MÖHKƏMLİYİNİN ARTIRILMASININ KAPSULƏMƏLƏGƏTİRİCİ POLİMERİN VƏ PROSESİN ƏSAS PARAMETRLƏRİNDƏN ASILILIĞININ TƏDQIQI

<sup>1</sup>RÜSTƏMOV YAVUZ İSMAYIL oğlu  
<sup>2</sup>QARAMƏMMƏDOV HÜSEYN ƏLƏSGƏR oğlu  
<sup>2</sup>MƏMMƏDOVA ŞAMAMA HACIBALA qızı  
<sup>3</sup>ƏZİM-ZADƏ AFİNA ƏHMƏD qızı

*AMEA-nın Polimer Materialları İnstitutu, 1-AMEA-nın müxbir üzvü, professor, 3-k.f.d.  
Sumqayıt Dövlət Universiteti, 2-baş müəllim  
[yavuz.rustamov@mail.ru](mailto:yavuz.rustamov@mail.ru)  
[samama-mamedova@mail.ru](mailto:samama-mamedova@mail.ru)*

*Açar sözlər: mexaniki möhkəmlik, kapsuləmələgətirici polimer, polimerləşmə dərəcəsi, “qaynar lay”, trayektoriya*

**Giriş.** Aparılmış tədqiqat işlərinin təhlili göstərir ki, polimer materiallarla kapsullaşdırılmış mineral gübrə dənələrinin keyfiyyət göstəricilərinin yaxşılaşdırılmasında onun mexaniki möhkəmliyi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir [1].

Mexaniki möhkəmliyin artırılması gübrə dənələrinin torpaqda həllolma müddətini uzadır, onun havanın rütubətini udaraq nəmləşməsinin qarşısını alır, anbarda saxlanılma müddətini artırır. Buna görə də mexaniki möhkəmliyin artırılması və onun polimer kapsuləmələgətirici və prosesin parametrlərindən asılılığının öyrənilməsi nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Məqalədə məqsəd kapsullaşdırılmış gübrə dənələrinin kapsuləmələgətirici polimerin qalınlığından, polimer məhlulunun qatılığından, polimerləşmə dərəcəsi, dənələrin hərəkət trayektoriyasının uzunluğundan asılılığı öyrənilmişdir.

**Təcrübənin qoyuluşu və nəticələrin təhlili.** Təcrübə Şəkil 1-də göstərilmiş konus dibli silindirik “qaynar lay” aparatında aparılmışdır. Gübrə dənələri ( $NH_4NO_3$ ) 5 tutumundan (1) “qaynar lay” aparatına verilir, buraya (2) ventilyatorundan qaynadıcı agent (hava) verilir.

Qaynadıcı agent (3) qızdırıcısında  $80^{\circ}S$ -yə qədər qızdırılır. Stabil “qaynama” alındıqdan sonra dənələri kapsullaşdırmaq üçün “qaynar lay”a (4) tutumundan sellülozanın suda həll olan və bioloji parçalanan törəməsinin (Na- KMS) müxtəlif qatılıqlı (10, 15, 20%-li) məhlulları verilir. Kapsullaşdırılmış dənələr (6) ştuserindən xaric edilir və qablaşdırılaraq anbara göndərilir.

Təcrübə müddətində və təcrübədən sonra kapsullaşdırılmış gübrə dənələrinin mexaniki möhkəmliyi təyin edilmişdir. Mexaniki möhkəmliyi təyin etmək üçün ölçüləri  $(1 \div 3)$  mm olan kapsullaşdırılmış ammonium sırası ( $NH_4NO_3$ ) dənələrindən 20-30qr. ayrılır. Hər nümunədən formaları bir-birinə yaxın olan 20 ədəd seçilir, şüşə büksə yerləşdirilir və qapağı örtülür. Otaq temperaturunda 12 saat müddətində saxlanılır. Sonra dənələr ardıcıl olaraq VTS-10 markalı cihaza keçirilir. Hər bir dənəni sıxmaqla, onun dağılmasına sərf olunan qüvvəni təyin edirlər. Mexaniki möhkəmlik  $X$ , qramla (q) aşağıdakı formul ilə təyin edilir [4].

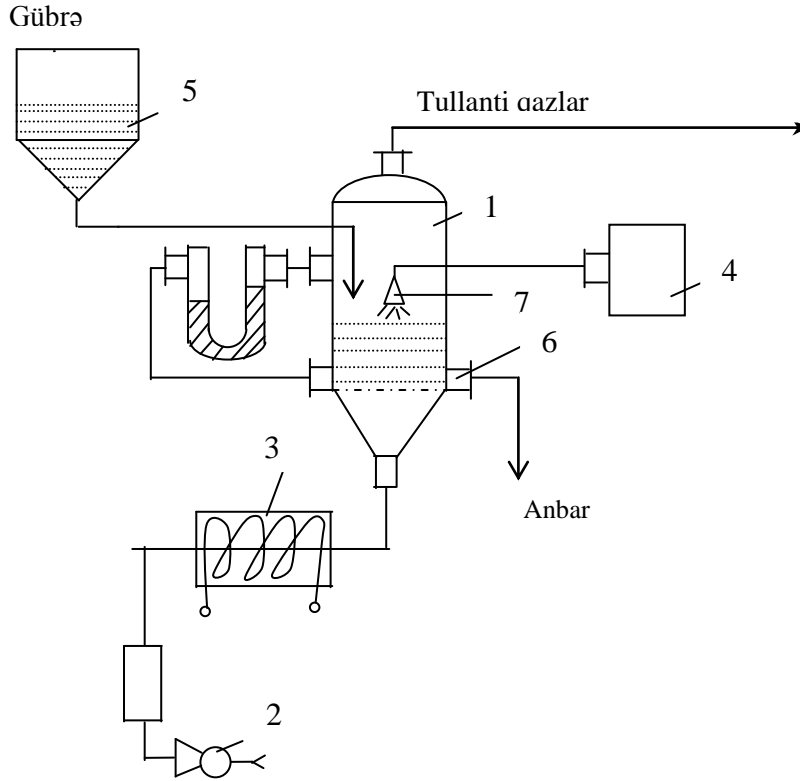
$$X = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots P_{20}}{20}, \quad q$$

burada,  $P_1 + P_2 + P_3 \dots P_{20}$  - dənələrinin dağılmasına sərf olunan qüvvələrdir, q-la.

Dənələrin statik möhkəmliyi X, M Pa, (Kq Q/sm<sup>2</sup>) isə aşağıdakı formül ilə təyin edilir.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^{20} P_i}{20 \cdot S} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{20 \cdot \frac{\pi d^2}{4}} = 0,637 \frac{\sum_{i=1}^{20} P_i}{d_i^2}, \quad \text{M Pa, (Kq Q/sm}^2\text{)}$$

burada,  $P_i$ - bir dənənin dağılmasına lazım olan qüvvə, N (KqQ); S-dənələrin en kəsik sahəsi, m<sup>2</sup>(sm<sup>2</sup>);  $d_i$ -istifadə olunan fraksiyada dənələrin orta diametri, m(sm) [4].

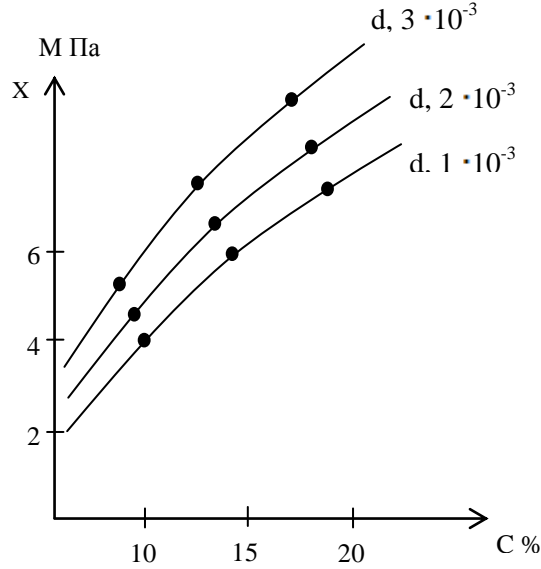


**Şəkil 1.** Qaynar lay aparatı. 1-qaynar lay aparatı; 2-ventilyator; 3-qızdırıcı; 4-polimer məhlulu üçün tutum; 5-kapsullaşmamış gübrə dənələri üçün tutum; 6-kapsullaşdırılmış dənələrin xaric olması üçün ştuser; 7-çiləyici.

(5)-bunkerindən (1)-qaynar lay aparatına verilmiş (1÷3) mm ölçülü NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-dənələri növbə ilə kapsullaşdırıldıqdan və qurudulduqdan sonra yuxarıdakı qayda ilə mexaniki möhkəmliyi yoxlanılmışdır. Mexaniki möhkəmliyin polimer örtüyün qalınlığından, polimer məhlulların qatılığından və dənələrin həndəsi ölçülərindən asılılığı qrafiki şəkildə göstərilmişdir.

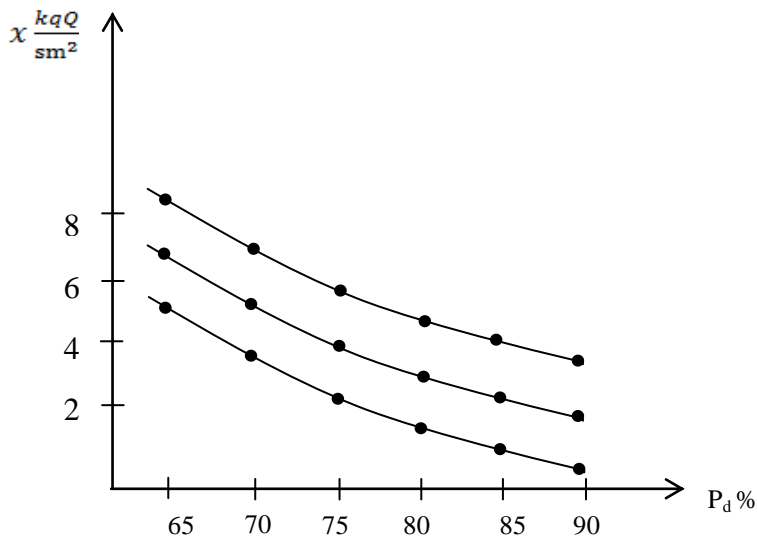
Qrafikdən görünür ki, kapsuləmələgətirici polimerin qatılığının artması ilə mexaniki möhkəmlik 3 dəfəyə qədər artır və  $6,54 \frac{kq \cdot Q}{sm^2}$  -ə çatır. Bu polimer məhlulunun tərkibindəki polimer kütlələrinin artması ilə, kapsulun divarının qalınlaşması ilə əlaqədardır. Dənələrin diametrlərinin də artması mexaniki möhkəmliyi artırır. Bu da dənələrin diametrlərinin artması ilə sahənin azalması və vahid sahəyə düşən polimerin artması ilə əlaqədardır. Lakin onu da qeyd etmək lazımdır ki, polimer məhlulunun qatılığının artması ilə məhlulun özülülüyü artır

və borularda və çiləyicidə onun hərəkəti məhdudlaşır, ona görə də kapsullaşdırma məqsədi ilə 15%-li polimer məhlulundan istifadə etmək daha məqsədəuyğundur.



Şəkil 2. Mexaniki möhkəmliyin polimer kapsuləmələgətiricinin qatılığından və dənələrin həndəsi ölçülərindən asılılığı.

Mexaniki möhkəmliyə təsir göstərən amillərdən biri də kapsuləmələgətirici polimerin polimerləşmə dərəcəsidir. Polimerləşmə dərəcəsinə dəyişdirməklə, daha az məsrəflə daha yüksək mexaniki möhkəmliyə malik kapsullaşdırılmış gübrə dənələri əldə etmək olar. Bu məsələni öyrənmək üçün polimerləşmə dərəcəsi 65,70,80,85 və 90 % olan Na- KMS götürülmüşdür və bunların hər birindən 15 %-li məhlul hazırlanmışdır. Hazırlanmış məhlulla yuxarıda göstərilən qaydada (1÷3) mm ölçüdə  $NH_4NO_3$  dənələri kapsullaşdırılmışdır. Kapsullaşdırma prosesi sona yetdikdən sonra yuxarıda göstərilən qaydada dənələrin mexaniki möhkəmliyi təyin edilmişdir. Əldə edilmiş nəticələrə əsasən dənələrin mexaniki möhkəmliyi ilə polimerləşmə dərəcəsi arasında asılılığın qrafiki qurulmuşdur.

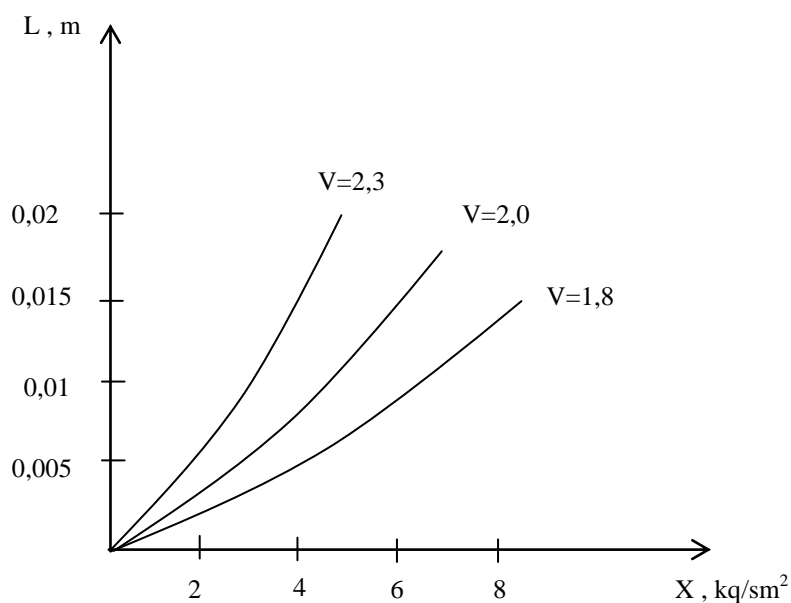


Şəkil 3. Mexaniki möhkəmliyin polimerləşmə dərəcəsindən asılılığı:

$$1d = 10^{-3}; 2d = 2 \cdot 10^{-3}; 3d = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$



Qrafikdən görünür ki, polimerləşmə dərəcəsinin artması dənələrin mexaniki möhkəmliyinin azalmasına, əksinə, azalması isə mexaniki möhkəmliyin artmasına səbəb olur. Bu onunla əlaqədardır ki, polimerləşmə dərəcəsinin azalması kapsula-əmələgətirici polimerin makrozəncirində hidrofilyu qruplarının sayını azaldır, bu da onun möhkəmliyinin və suda həll olmasının azalmasına səbəb olur. Polimerləşmə dərəcəsinin artması isə polimer zəncirində hidrofilyu qruplarının sayının çoxalmasına və dənələrin mexaniki möhkəmliyinin azalmasına səbəb olur. Mexaniki möhkəmliyin formalaşmasına təsir göstərən amillərdən biri də kapsullaşdırma prosesində gübrə dənələrinin hərəkət trayektoriyalarının uzunluğudur, (L).



**Şəkil 4.** Gübrə dənələrinin mexaniki möhkəmliyinin hərəkət trayektoriyasından asılılıq qrafiki. Qaynadıcı agentin sürəti: 1)  $v=2,3$  m/san; 2)  $v=2,0$  m/san; 3)  $v=1,8$  m/san; gübrə dənələrinin diametri  $d=2$  mm.

Hərəkət trayektoriyasının uzunluğunun mexaniki möhkəmliyə təsirini öyrənmək üçün diametri 2mm olan ammonium şorası gübrəsindən 100qr miqdarında çəkərək “qaynar lay” aparatına keçirirlər və 80°s temperatura qədər qızdırılmış qaynadıcı agentlə (isti hava axını ilə) normal qaynama yaratdıqdan sonra dənələr üzərinə 7 çiləyicisi ilə Na KMS-nin 15%-li məhlulu verilir. Bu zaman trayektoriyasının uzunluğunu artırmaq üçün qaynadıcı agentin sürəti 1,8 ÷ 2,3 m/s intervalında götürülür. Proses başa çatdıqdan sonra yuxarıda göstərilən qaydada mexaniki möhkəmlilik təyin edilmişdir və alınan nəticələr əsasında mexaniki möhkəmliyin trayektoriyasının uzunluğundan asılılığının qrafiki qurulmuşdur (Şəkil 4).

Qrafikdən görüldüyü kimi, sürətin 1,8 ÷ 2,3 m/s intervalında dəyişməsi trayektoriyasının 1,5 dəfə, dənələrin kapsullaşma zonasında qalma müddətinin isə 1,2 dəfəyə qədər artmasına səbəb olur. Nəticədə, kapsulun qalınlığı artır. Kapsulun qalınlığının artması isə mexaniki möhkəmliyin artmasına səbəb olur. Trayektoriyasının uzadılması üçün sürətin artması vacibdir. Lakin sürətin 2m/s-dən çox olması dənələrin uçmasına səbəb olur ki, bu da onların polimer məhlulu ilə görüşməsi müddətini azaldır. Ona görə də optimal sürət kimi 2m/s götürülməsi daha məqsədəuyğundur.

Yuxarıdakı nəticələri təhlil edərək bizim tərəfimizdən mexaniki möhkəmliliklə göstərilən parametrlər arasındakı asılılıqları ifadə etmək üçün aşağıdakı empirik formul təklif edilmişdir.

$$X = \frac{\delta_k \cdot c}{D_0 \cdot P_d \cdot F} \quad (1)$$

$$\delta_k = \frac{1}{2} D_0 \left[ \exp \left( -2,3 K_n \frac{m_c}{m_n} \cdot l g x \right) - 1 \right], \quad c = V_p \cdot \rho, \quad F = \frac{\pi D^2}{4} - \varepsilon, \quad P_d = \frac{M_1(M-M_0)}{M_0(M_2-M_1)}$$

olduğunu nəzərə alsaq, mexaniki möhkəmliyi aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

$$X = \frac{\frac{1}{2} D_0 \left[ \exp \left( -2,3 K_n \frac{m_c}{m_n} \cdot l g x \right) - 1 \right] \cdot V_p \cdot \rho}{D_0 \cdot \frac{M_1(M-M_0)}{M_0(M_2-M_1)} \cdot \left( \frac{\pi D^2}{4} - \varepsilon \right)} \quad (2)$$

Burada,  $\delta_k$  – kapsulun qalınlığı, mkm;  $C$  – polimer məhlulun qatılığı,  $D_0$  – dənələrin ilk diametri, m;  $P_d$  – polimerləşmə dərəcəsi, %;  $F$  – gübrə dənələri layının ümumi sahəsi,  $m^2$ ;  $M, M_0$  – sənaye polimerinin orta addektiv molekul kütləsi;  $M_1$  – polimer zəncirindəki elementar halqaların molekul kütləsi;  $M_2$  – hidrofil qrupları olan halqaların molekul kütləsi;  $K_n$  – polimer materiallardan asılı olan kinetik əmsal;  $\frac{m_c}{m_n} l g x$  – dənələrin qaynar layda kapsullaşma müddətini ifadə edir;  $\varepsilon$  – dənələr arasındakı boş həcmdir,  $m^3$ .

(1) və (2) tənliklərində istifadə olunan parametrlərdən asılı olaraq, gübrə dənələrinin mexaniki möhkəmliyini dəyişdirmək olar.

Beləliklə, aparılmış tədqiqat nəticəsində gübrə dənələrinin mexaniki möhkəmliyinin kapsuləmələgətirici polimerin qalınlığından, polimer məhlulun qatılığından, polimerləşmə dərəcəsiindən, dənələrin hərəkət trayektoriyasının uzunluğundan asılılığı öyrənilmişdir. Alınmış nəticələr əsasında mexaniki möhkəmliklə göstərilən parametrlər arasında asılılığı ifadə edən empirik formul verilmişdir. Bu formul əsasında müəyyən parametrləri dəyişdirməklə, dənələrin mexaniki möhkəmliyini dəyişdirmək olar.

## ƏDƏBİYYAT

1. Брук М.А., Якушин Ф.С. Химия и технология высокомолекулярных соединений. т.13. М.: 1980, с.210-241.
2. Рустамов Я.И., Рагимов А.В., Карамамедов Г.А. и др. Капсулирование гранул минеральных удобрений производными полистирола содержащими в полимерной цепи гидрофильными. ЖРХ, №3, 1988.
3. Кулиев А.М., Рустамов Я.И., Оруджев С.С., Карамамедов Г.А., Теймурова Р.Ш. Кинетическая модель роста толщины пленки при капсулировании гранул удобрений полимерными материалами. ЖРХ, № 4, 1988.
4. Рустамов Я.И., Оруджев С.С., Ликов М.Я., Карамамедов Г.А., Рустамова М.Я. Гидромеханика псевдоожигенного слоя с нестационарными параметрами. Ж. Хим. Промышленность, №3. СПб.: Теза, 1987, с. 43-46.
5. Рустамов Я.И., Карамамедов Г.А. и др. Система автоматизированного расчета процесса капсулирования гранул аммиачной селитры в аппаратах с псевдоожигенным слое. Ж. Хим. Промышленность, №7. СПб.: Теза, 1991.
6. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основные процессы технологии минеральных удобрений. М.: Химия, 1990, с.304.

**РЕЗЮМЕ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОВЫШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ КАПСУЛИРОВАННЫХ ГРАНУЛ УДОБРЕНИЙ ОТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАПСУЛООБРАЗУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ И ПРОЦЕССА**

*Рустамов Я.И., Карамамедов Г.А., Мамедова Ш.Г., Азим-заде А.А.*

**Ключевые слова:** *механическая прочность, полимер поглощающий капсулу, скорость полимеризации, кипящий слой, траектория.*

В статье исследовано повышение механической прочности гранул капсулированных удобрений и его зависимость от основных параметров процесса, капсулообразующего полимера (Na- КМЦ) и длины траектории движения гранул. Определено, что повышение толщины капсулообразующего полимера, концентрации полимерного раствора, диаметра гранул удобрений, длины траектории гранул удобрений и уменьшение степени полимеризации полимера 3 раза увеличивает механическую прочность. При этом определено, что изменение скорости кипящего агента (воздуха) должно быть в интервале (1-2,3)м/с. На основе полученного результата нами предложено эмпирическое уравнение, определяющее зависимость механической прочности от вышеуказанных параметров.

**SUMMARY**

**INVESTIGATION OF DEPENDENCE OF INCREASE OF MECHANICAL STRENGTH OF THE CAPSULATED GRANULES OF FERTILIZERS ON BASIC PARAMETERS OF CAPSULE-FORMING POLYMERS AND PROCESS**

*Rustamov Y.I., Qaramammadov G.A., Mammadova Sh.G., Azim-zade A.A.*

**Key words:** *mechanical strength, capsule-absorbing polymer, polymerization rate, boiling layer, trajectory.*

In this paper the increase of mechanical strength of granules of the capsulated fertilizers and its dependence on basic parameters of process, capsule-forming polymer (NA-CMC) and motion path length of granules have been investigated. It has been determined that the increase in thickness of capsule-forming polymer, concentration of polymer solution, diameter of the granules of fertilizer, path length of the granules of fertilizers and decrease of degree of polymerization of polymer in 3 times increase a mechanical strength. In this case it has been determined that the change of boiling agent (air) rate would be in the range of (1-2,3)m/s. On the basis of results obtained by us the empirical equation determining the dependence of mechanical strength on above-mentioned parameters has been proposed.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	21.04.2017
	Son variant	26.12.2017

УДК 621.311

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМЕШАННЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

<sup>1</sup>БАЛАМЕТОВ АШРАФ БАЛАМЕТ оглу

<sup>2</sup>САЛИМОВА АФАГ КАМИЛЬ гызы

*Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики,  
1-професор, 2-доцент*

ГАДЖИЕВ НАИБ ИСМИХАН оглу

*Сумгаитский государственный университет, ст.преподаватель*

[balametov.azniie@gmail.com](mailto:balametov.azniie@gmail.com),

[afag\\_sk@mail.ru](mailto:afag_sk@mail.ru), [naib.haciyev.sdu@mail.ru](mailto:naib.haciyev.sdu@mail.ru)

**Ключевые слова:** *система электроснабжения, энергосберегающая система, экономическая эффективность, падение напряжения, потери мощности*

Схема традиционной системы централизованного электроснабжения потребителей сельской местности, имеющая протяженные линии, не позволяет обеспечить показатели качества электроэнергии, надежности и экономичности. Показана необходимость модернизации системы электроснабжения 0.38/0.22 кВ и предложена энергосберегающая система электроснабжения. Для электроснабжения потребителей сельской местности предлагается перейти на смешанные комбинированные распределительные электрические сети 0,4кВ с сетью 0.66-1 кВ. Приведены характеристики энергосберегающей системы электроснабжения комбинацией распределительной электрической сети 0,4кВ с сетью 0.66 кВ или 1 кВ. При этом потери в энергосберегающей системе электроснабжения в 2 и более раза ниже, чем в традиционной 0.38/0.22 кВ.

**Постановка проблемы.** На современном этапе развития отечественной энергетики достаточно остро стоит вопрос перехода к энергосберегающим технологиям в сельскохозяйственном производстве, что обусловлено возрастающим электропотреблением и снижением качества электрической энергии для развивающихся сельскохозяйственных потребителей.

Электрическая энергия, поставляемая энергоснабжающими организациями потребителям по договорам, выступает как товар особого вида, характеризующийся совпадением во времени процессов производства, транспортирования и потребления, а также невозможностью его хранения и возврата. Соответственно, как к товару любого вида, к электроэнергии применимо понятие «качество». Отклонение показателей качества электроэнергии от установленных стандартами ухудшает условия эксплуатации электроустановок как сети, так и потребителей.

Цель статьи заключается в анализе путей снижения потерь, повышении качества электрической энергии и разработке энергосберегающей системы электроснабжения.

Особенность электрических сетей сельскохозяйственного назначения – это большая рассредоточенность потребителей электроэнергии, которая и обуславливает значительные протяженности сетей 10(6) и 0,4 кВ, большие расстояния между пунктами потребления, малые величины потребления в каждом узле и незначительную плотность электрической нагрузки в месте потребления.

На сегодняшний день существуют схемы электроснабжения сельского хозяйства, которые построены в виде центральной понизительной трансформаторной подстанции,

размещенной в центре электрических нагрузок населенного пункта, а распределительные сети 0,4 кВ расходятся в разные стороны от подстанции.

Повсеместно значительная часть распределительных сетей 0,38 кВ находится в неудовлетворительном техническом состоянии, и является источником существенных потерь электроэнергии из-за наличия в сетях проводов различных марок, окисленных скруток, несимметричных нагрузок, большой протяженности, отсутствия стабильности уровня напряжения и т. д. Потери в этих сетях доходят до 60 % общих потерь областных энергокомпаний. Сельские сети характеризуются значительным количеством повреждений ВЛ-0,4кВ с неизолируемыми проводами на железобетонных опорах. Основные повреждения на ВЛ-0,4 кВ – отсутствие контакта на вводе и на линии, отключения защиты от коротких замыканий, обрывы проводов. На сегодняшний день в непригодном для эксплуатации состоянии находится огромное количество воздушных линий напряжением 0,38 кВ.

**Традиционная система электроснабжения.** Приводится анализ технико-экономических показателей системы электроснабжения потребителей ЭЭС Азербайджана и показано, что современный этап развития энергетики характеризуется возрастающим электропотреблением, развитием малых частных объектов, ферм, имений и ростом расстояний от центра питания до индивидуальных потребителей 0.38/0.22 кВ, которые приводят к снижению качества электрической энергии (КЭЭ) и повышению потерь ЭЭ в электрических сетях. Показана необходимость модернизации системы электроснабжения 0.38/0.22 кВ и предложена энергосберегающая система электроснабжения.

Существующая трехфазная четырехпроводная система электроснабжения 0.38/0.22 кВ характеризуется рядом недостатков: большим использованием цветных металлов, высоким уровнем потерь ЭЭ (15% и более), неудовлетворительным КЭЭ, связанным с превышением коэффициентов несинусоидальности, высоким уровнем потерь напряжения, вызывающим недопустимые отклонения напряжения у отдаленных потребителей. Все это приводит к значительным убыткам электроснабжающих организаций, а также приносит значительный вред потребителям ЭЭ. Протяженность сетей 0.4 кВ составляет 60.1 тыс. км. Длина фидеров 6-10 кВ колеблется от 15 км до 25 км. Потери ЭЭ в РЭС 0.4, 6-10 кВ составляют 60% от суммарных потерь в ЭЭС.

К приоритетным мероприятиям по снижению технических потерь ЭЭ в РЭС 0.4-10 кВ относятся: использование напряжения 10 кВ в качестве основного напряжения распределительной сети; сокращение радиуса действия строительства ВЛ 0.4 кВ в трехфазном исполнении; использование максимального допустимого сечения провода в ЭС 0.4-10 кВ ; применение столбовых трансформаторов малой мощности 6-10/0.4 кВ для сокращения протяженности сетей 0.4 кВ и потерь ЭЭ в них; более широкое использование устройств FACTS, Smart-Grids автоматического регулирования напряжения под нагрузкой средств местного регулирования напряжения для повышения КЭЭ и снижения ее потерь.

Схема децентрализованной энергосберегающей системы электроснабжения показана на рис. [1-3]. Вся распределительная сеть выполняется на высоком напряжении 10 кВ, а распределение ЭЭ на напряжении 0.4-0.23 кВ осуществляется путем коротких соединений от трансформатора к потребителям, что позволяет исключать сооружение ВЛ 0.4 кВ (рис.1).

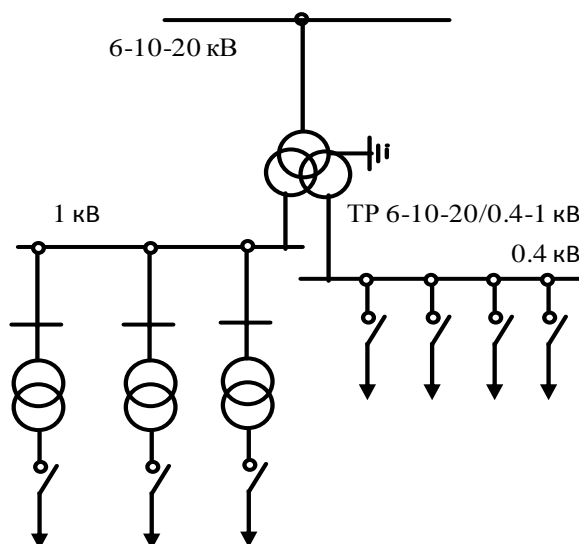
Предварительная оценка экономической эффективности путем реконструкции 10% сетей 0.4 кВ протяженностью выше 0.6 км в Азербайджанской ЭЭС можно добиться снижения потерь ЭЭ в РЭС с 15% до 4% и сэкономить в год до 77 млн. кВт.ч ЭЭ.

Сравнение экономических расчетов двух систем электроснабжения показало, что энергосберегающая система имеет лучшие технико-экономические показатели по сравнению с традиционной системой электроснабжения.

Поэтому, существующую систему центрального распределения электроэнергии целесообразно заменить системой максимальной децентрализации, что позволит значительно сократить потери и капиталовложения.

**Комбинированная энергосберегающая система электроснабжения 0.4 кВ и 0.66-1кВ.** Схема комбинированной энергосберегающей системы электроснабжения 0.4 кВ и 0.66-1кВ показана на рис. 1 [4].

Децентрализованная энергосберегающая система электроснабжения представляет собой систему распределения на напряжении 10 кВ с изолированными проводами марки СИП, с установкой на опоре питающей сети в максимальной близости к потребителю одно- или трехфазной понизительной трансформаторной подстанции мощностью 10, 16, 25, 40 кВт. При этом распределительные сети 0,38/0,22 кВ практически отсутствуют. Они представлены только в виде вводов 0,38/0,22 кВ от трансформаторной подстанции к потребителю. При этой системе следует предусмотреть воздушную прокладку проводами марки СИП. Защиту на стороне низкого напряжения надлежит осуществить автоматическими выключателями с максимальной и дифференциальной защитой, что обеспечит электробезопасность и контроль за несанкционированным отбором.



*Рис. 1. Комбинированная энергосберегающая система электроснабжения 0.4-1 кВ.*

Следует также отметить, что если в системе традиционного централизованного электроснабжения железобетонные опоры ВЛ-0,4 кВ расставляются через каждые 25 м, то при децентрализации железобетонные опоры ВЛ-10 кВ расставляются каждые 50 м. Со стороны 10 кВ защиту трансформаторной подстанции следует предусмотреть разъединителями-предохранителями.

Внедрение этой системы позволит отказаться от магистральных распределительных сетей 0,38/0,22 кВ, а также воздушных сетей наружного освещения, проходящих по территории жилого поселка [4].

**Сравнительный анализ распределительных электрических сетей низкого напряжения.** Существующие распределительные электрические сети 0.4 кВ. Традиционные распределительные сети 0.4кВ, применяемые в настоящее время, имеют ряд существенных недостатков:

1. Небольшая пропускная способность сетей 0.4 кВ;
2. Ограничение длины от РП до потребителя по допустимому напряжению, обычно имеющему значения 200-600 м;
3. Большие падения напряжений и потери электроэнергии линий 0.4 кВ.

4. Коммерческие потери в сетях 0.4 кВ.

5. Низкие ПКЭ.

Концепция комбинированной распределительной электрической сети 0,4кВ с сетью 0.66-1 кВ.

Преимущества смешанной распределительной сети 0.4 кВ и 0.66-1 кВ:

1. Уменьшение протяженности линий 0.4 кВ за счет введения 0.66-1 кВ;  
 2. Большая пропускная способность;  
 3. Уменьшение территории для строительства распределительной сети за счет уменьшения количества ТП и охранных зон ВЛ;

4. Уменьшение коммерческих потерь;

5. Снижение себестоимости строительства РЭС за счет экономии участков земли, уменьшения количества ТП, уменьшения протяженности ВЛ;

6. Повышение ПКЭ.

В комбинированной распределительной электрической сети 0,4кВ и 0.66-1 кВ, возможно использование соотношений напряжений, приведенные в табл. 1.

**Таблица. 1**

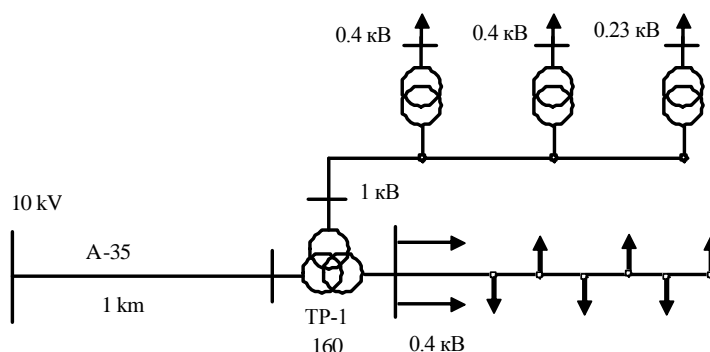
*Варианты смешанных РЭС 0.4кВ с сетью 0.66-1 кВ*

№	Номинальное напряжение, В		Максимальное напряжение, В	
	Фазное	Линейное	Фазное	Линейное
1	220	380	240	420
2	380	660	420	726
3	660	1143	726	1257
4	525	910	577	1000

**Пример комбинированной распределительной электрической сети 0.4кВ с сетью 0.66-1 кВ.** Для примера возьмем трансформаторную подстанцию с трансформатором мощностью 100 кВА и линией электропередачи 0,38/0,22 кВ. Пусть длина линии составляет 700 м, количество потребителей - 40.

Выполним экономический расчет традиционной и энергосберегающей системы электроснабжения с одинаковыми техническими параметрами.

Для определения потерь электрической энергии в сети было выполнено моделирование режимов потребления средствами Multisim для обеих систем электроснабжения (рис. 2). В результате моделирования [5-6] суммарные потери электрической энергии (с учетом потерь в линии и в трансформаторах) в традиционной системе электроснабжения составили 4108,44 кВт/год, а в энергосберегающей - 61,32 кВт/год.



**Рис.2.** Комбинированные распределительные сети 0.4 кВ с сетью 0.66-1 кВ

На рис.2 показаны три трансформатора по 60 кВА с длиной ВЛ 0.4 кВ по 3\*(2\*300) м. Параметры проводов для смешанных распределительных сетей 0.4, 0.66 и 1 кВ приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Параметры проводов		
Марка провода	$r_0$ , Ом/км	$x_0$ , Ом/км
А-16	1.94	0.4
А-25	1.28	0.385
А-35	0.85	0.374
А-50	0.588	0.339

Падение напряжения в линии длиной 1км определяется по формуле:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{\max} \cdot R \quad (1)$$

где R-активное сопротивление линии.

Максимальная передаваемая мощность равна:

$$S = \sqrt{3} \cdot I_{\max} \cdot U \quad (2)$$

где

$$I_{\max} = i_{\max} \cdot F$$

$i_{\max} = 2.5 \text{ А/мм}^2$  - максимальная плотность тока в линии,  $F$  – сечение провода,  $U$  – напряжение линии.

Нагрузочные потери электроэнергии в линии определяют по формуле

$$\Delta W = 3 \cdot I_{\max}^2 \cdot T \cdot R_{ek} \quad (3)$$

Здесь  $I_{\max}$  -максимальная токовая нагрузка,  $R_{ek}$  - эквивалентное сопротивление линии;  $T$  - период времени.

Выполнен анализ падения напряжения, зависимости удельных потерь мощности от передаваемой мощности, пропускной способности линии в зависимости от напряжения для воздушной линии сечением 35 мм<sup>2</sup> (0.79 Ом/км).

Графические зависимости падения напряжения, удельных потерь мощности, пропускной способности линии в зависимости от напряжения для воздушной линии сечением 35 мм<sup>2</sup> приведены, соответственно, на рис. 3, 4, 5.

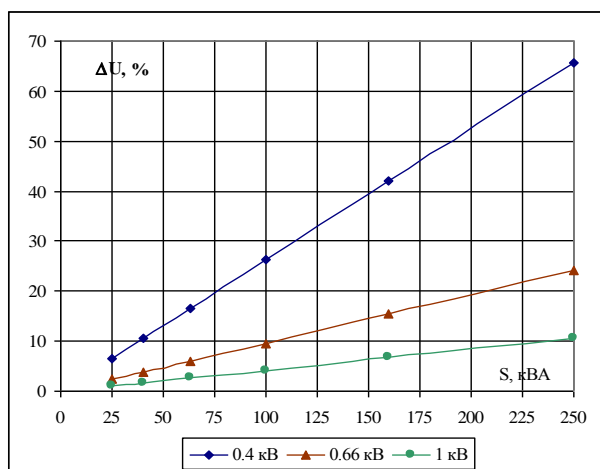


Рис. 3. Зависимости падения напряжения от передаваемой мощности.

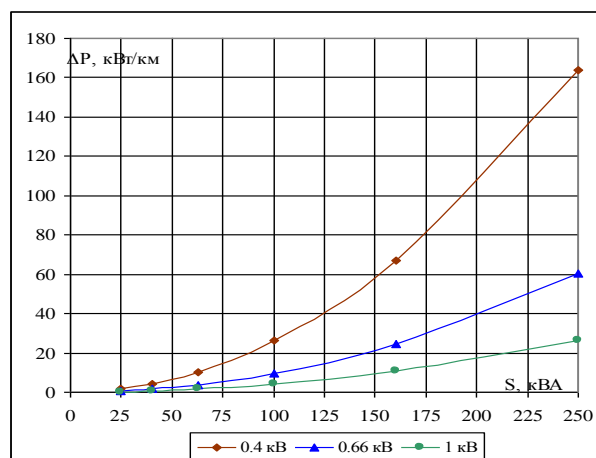


Рис. 4. Зависимости удельных потерь мощности от передаваемой мощности



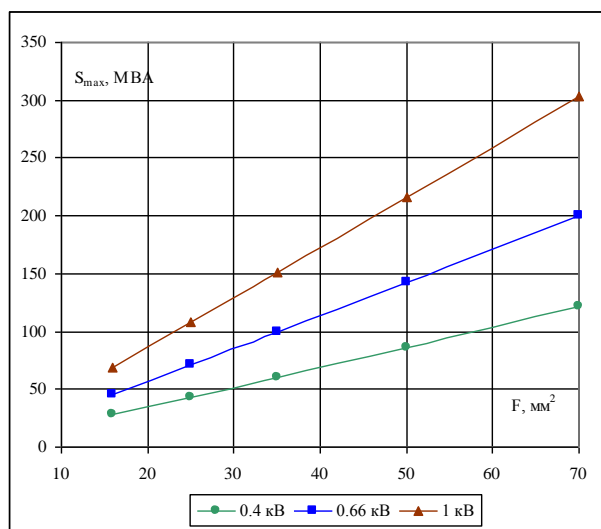


Рис. 5. Пропускная способность  
линии в зависимости от напряжения.

Результаты анализа показывают, что потери электроэнергии в электрической сети 0.66 кВ приводят к увеличению дальности обслуживания потребителей в 1.65 раза больше, чем в электрической сети 0.4 кВ. А, при использовании напряжения 1 кВ дальность обслуживания потребителей растёт в 2.5 раза.

При длине передачи мощности на 1 км линии 0.66 кВ потери мощности 2.7 раза меньше, чем в линии 0.4 кВ. А, при использовании напряжения 1 кВ длиной 1 км потери мощности 6 раза меньше, чем в линии 0.4 кВ.

### Выводы

1. Схема традиционной системы централизованного электроснабжения потребителей сельской местности 10/0.4 кВ, имеющих протяженные линии, не позволяет обеспечить показатели качества, надежности и экономичности электроэнергии.

2. Для энергоснабжения сельских потребителей предлагается перейти на комбинированную систему распределения электроэнергии, что позволяет решить проблему обеспечения качества, надежности и эффективности электроэнергии.

3. В современных условиях в целях обеспечения потребителей сельскохозяйственной продукции электроэнергией выгодно с точки зрения повышения надежности, эффективности и показателей качества ЭЭ сооружение новых распределительных сетей 0,66÷1 кВ и замена старых сетей на новые.

4. Переход на РЭС до 0,66÷1 кВ обеспечивает увеличение пропускной способности сетей, расширение диапазона обслуживания потребителей, значительное снижение потерь мощности и электроэнергии.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Будзко И.А., Левин М.С. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов. М.: Агропромиздат, 1985.
2. Левин М.С. Анализ несимметричных режимов сельских сетей 0,38 кВ / М.С.Левин, Т.Б.Лещинская. Электричество. 1999. № 5. с.18-22.
3. Зотов А.А. Смешанная трехфазно-однофазная система распределения электроэнергии. Энергетик. 2007, № 11, с.18-22.
4. A.B. Balametov, A.K. Salimova, E.A. Balametov. Energy-efficient solutions for electric power supply rural and suburban consumers. The 13th International Conference on Technical and Physical Problems of Electrical Engineering (ICTPE-2017), 21-23 September 2017 VAN, Turkey pp. 79-83.
5. А.Б.Баламетов. Методы расчета потерь мощности и энергии в электрических сетях энергосистем. Баку: Елм, 2006, 337 с.
6. Balametov Ə.B., Xəlilov E.D. Enerji sistemin elektrik şəbəkələrində elektrik enerjisi itkilərinin hesablanması, təhlili və normalaşdırılması. Bakı: Elm, 2015, 234 s.

**XÜLASƏ**  
**ALÇAQ GƏRGİNLİKLİ QARIŞIQ PAYLAYICI ELEKTRİK ŞƏBƏKƏLƏRİNİN**  
**EFFEKTİVLİYİNİN ANALİZİ**

*Balametov A.B., Salimova A.K., Hacıyev N.I.*

*Açar sözlər: elektrik təchizat sistemi, enerjiyə qənaət sistemi, iqtisadi səmərə, gərginlik düşküsi, güc itkiləri*

Uzun xəttləri olan kənd ərazilərinin mərkəzləşdirilmiş elektrik təchizatının əhəmiyyətli sisteminin sxemi elektrik enerjisinin keyfiyyətini, etibarlılığını və iqtisadi göstəricilərini təmin etməyə imkan vermir. 0.38/0,22 kV enerji təchizat sisteminin modernləşdirilməsi zərurəti və enerjiyə qənaət enerji təchizatı sistemində keçid təklif edilir. Kənd təsərrüfatı istehlakçıları elektrik enerjisi ilə təmin etmək üçün 0,66-1 kV şəbəkəsi ilə 0,4 kV-luq qarışıq şəbəkələrə keçmək təklif olunur. Enerji qənaət edən 0,66 kV və ya 1 kV-luq şəbəkə ilə paylayıcı 0,4 kV-luq elektrik şəbəkəsinin qarışığından ibarət enerji təchizatı sisteminin xarakteristikaları verilir. Bu halda enerjiyə qənaət edən enerji təchizatı sistemindəki itkilər, əhəmiyyətli 0,38/0,2 kV-luq təchizat sistemlərindəkindən 2 dəfədən də çox azdır.

**SUMMARY**  
**ANALYSIS OF EFFICIENCY OF MIXED DISTRIBUTION ELECTRIC**  
**NETWORKS OF LOW VOLTAGE**

*Balametov A.B., Salimova A.K., Hacıyev N.I.*

*Key words: power supply system, energy-saving system, economic efficiency, voltage drop, power losses*

The scheme of the traditional system of centralized electricity supply to rural consumers, which has long lines, does not allow to provide such indicators of electricity quality as reliability and economy. In article the necessity of modernization of the 0.38/0.22 kV power supply system is shown and an energy-saving power supply system is proposed. To provide electricity to rural consumers, it is proposed to switch over to mixed combined 0.4 kV distribution networks with 0.66-1 kV network. The characteristics of an energy-saving power supply system are given by a combination of 0.4 kV distribution network with a 0.66 kV or 1 kV network. At the same time, the losses in the energy-saving power supply system are 2 and more times lower than in the traditional 0.38/0.22 kV.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	16.11.2017
	Son variant	26.12.2017

УДК 621.313.333.004.6.001.6

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПО ИЗМЕНЕНИЮ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДУКЦИИ В ЛОБОВЫХ ЧАСТЯХ ОБМОТКИ СТАТОРА

<sup>2</sup>АХМЕДОВ ДИЯР АСЛАН оглу<sup>1</sup>МУСТАФАЕВ РАУФ ИСМАИЛ оглу

*Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики,  
1-профессор, 2- диссертант*

АХМЕДОВ АСЛАН ДИЯР оглу

*Сумгаитский государственный университет, доцент*

**Ключевые слова:** магнитное поле, асинхронный электродвигатель, индукция, обмотка статора, межвитковое короткое замыкание, диагностика технического состояния.

*Рассмотрены вопросы диагностирования технического состояния асинхронного электродвигателя по распределению магнитного поля в зоне лобовых частей обмотки статора. Показано, что для оценки технического состояния обмотки статора асинхронного электродвигателя в процессе ее работы и выявления в ранней стадии проявления межвитковых замыканий, в качестве диагностирующего информативного параметра целесообразно использовать аксиальную составляющую индукции лобовых частей обмотки.*

**Введение.** Для диагностирования технического состояния обмотки статора асинхронных электродвигателей [АД] малой и средней мощности наиболее эффективным является метод непосредственного измерения полей в лобовых частях обмотки машины. При этом нужно учитывать следующие особенности:

1. Необходимость использования малогабаритных датчиков в связи с небольшой длиной вылетов лобовых частей
2. Наличие ферромагнитных и конструктивных элементов, искажающих форму измеряемого сигнала.

Как известно, при проявлении межвиткового короткого замыкания в обмотке статора возникают дополнительные магнитные поля, что приводит также к росту магнитного поля в зоне лобовых частей обмотки. Поэтому при диагностировании АД с измерением в лобовых частях распределения поля можно в ранней стадии выявить межвитковое короткое замыкание в обмотке статора. Существующий способ диагностирования обмотки АД с целью выявления межвитковых замыканий, основанного на измерении полей рассеяния в области пазов статора, разработан для машин большой мощности и применение его для машин малой и средней мощности очень трудно [1]; а способ, основанный на определении вибрационной и акустических параметров АД [2], не всегда эффективен из-за трудности выделений из общей флуктуации исследуемых параметров, образованных только от рассматриваемой неисправности.

**Постановка задачи:** Как известно электромагнитное поле в зоне лобовых частей обмотки статора имеют три составляющих:

- аксиальную, направленную по оси машины;
- радиальную, направленную по радиусу;

- тангенциальную, направленную по касательной к окружности с контуром на оси машины.

Все три составляющие индукции имеют максимум в прямолинейном участке на выходе из паза статора, а затем монотонно убывают по длине влета лобовой части [3]. Как следует из проведенных исследований, из всех трех составляющих индукции в конце вылета лобовых частей наименьшую величину имеет аксиальная составляющая индукции. Поэтому для экспресса оценки технического состояния АД, с целью повышение чувствительности к межвитковому замыканию, принимается способ, основанный на контролировании изменения аксиальной составляющей электромагнитного поля в конце лобовых частей обмотки статора. Выбор ее в качестве контролируемого параметра, также позволяет повысить чувствительность к изменению суммарного электромагнитного поля, вызванного появлением межвиткового короткого замыкания в обмотке статора.

**Экспериментальная часть.** Измерение электромагнитного поля в торцевой зоне статорной обмотки осуществляется с помощью щупов с укрепленными на них датчиками, состоящих из ферромагнитного сердечника, многovitковой катушки, намотанного тонким медным проводом на каркас.

Для измерения составляющих поля в лобовых частях обмотки, щуп через специальное просверленное отверстие на корпусе машины опускался во внутрь до соприкосновения нижнего датчика с лобовой частью и фиксировался для предотвращения погрешности, вызванной отклонением от оси. С помощью соединительных проводов сигнал с датчиков подавался поочередно на вольтметр. Для определения распределения аксиальной составляющей индукции в лобовой части обмотки статора проведены опыты на трехфазной АД, типа 4А100S4У3 с номинальной мощностью 3,0 кВт, напряжением 380 В, током 6,1 А, скоростью вращения 1450 обор/мин, КПД-83%,  $\cos\phi=0,8$  со следующими обмоточными данными: тип обмотки статора однослойный концентрический, число витков в секции – 36, диаметр провода – 1,2 мм, шаг обмотки – 1→12; 2→11; 3→10.

**Теоретическая часть.** С целью экспериментального подтверждения изложенных положений и получения данных, характеризующих влияние межвиткового замыкания в обмотке статора на параметры электромагнитных процессов, была применена методика, сущность которой заключается в том, что, создавая межвитковое замыкание искусственно, определяем и анализируем электромагнитные процессы в машине. Искусственные замыкания между витками в различных фазных обмотках создаются с помощью проводов, предварительно выведенных наружу из лобовых частей секции обмотки. Для имитации переходного сопротивления в точке замыкания, провода выведенные из секции, соединяются между собой через регулируемое сопротивление, позволяющее также изменять значения тока в короткозамкнутом контуре и получить неисправности различной степени тяжести по току.

При этом действующее значение ЭДС, индуктированное в датчике, можно определить по выражению:

$$E = 4,44BWSf \quad (1)$$

Где  $B$  - индукция, Тл,  $w$  - число витков в катушке датчика,  $S$  - площадь витка,  $m^2$ ,  $f$  - частота тока Гц.

Из (1) значение индукции равно:

$$B = E / (4,44w \cdot S \cdot f) = E / 220 \cdot K \quad (2)$$

где  $K$  - является постоянной для данной катушки датчика и определяется методом эталонной катушки, значение ее принималось  $0,6 \cdot 10^{-2}$ .

В процессе экспериментального исследования сигналы из выходов датчиков последовательно подавались на вольтметр, а значения индукции определялись по выражению (2). В качестве примера на рис.1. показаны кривые распределения аксиальной

составляющей индукции в режиме нагрузки при заданном искусственном межвитковом замыкании, соответственно, в лобовых частях фазы В и С обмотки статора, в процессе работы исследуемого асинхронного двигателя.

Из анализа экспериментальных данных установлено, что при номинальной нагрузке ощутимые изменения в показаниях датчиков наступает при токе в межвитковом контуре замыкания более  $1,3I_n$ . Показание датчиков, установленных в лобовых частях обмотки с исправными секциями были незначительными. В связи с этим появляется возможность не только в ранней стадии развития выявить межвитковое замыкание в обмотке статора, но и определить секции, в которых образованы короткозамкнутые витки.

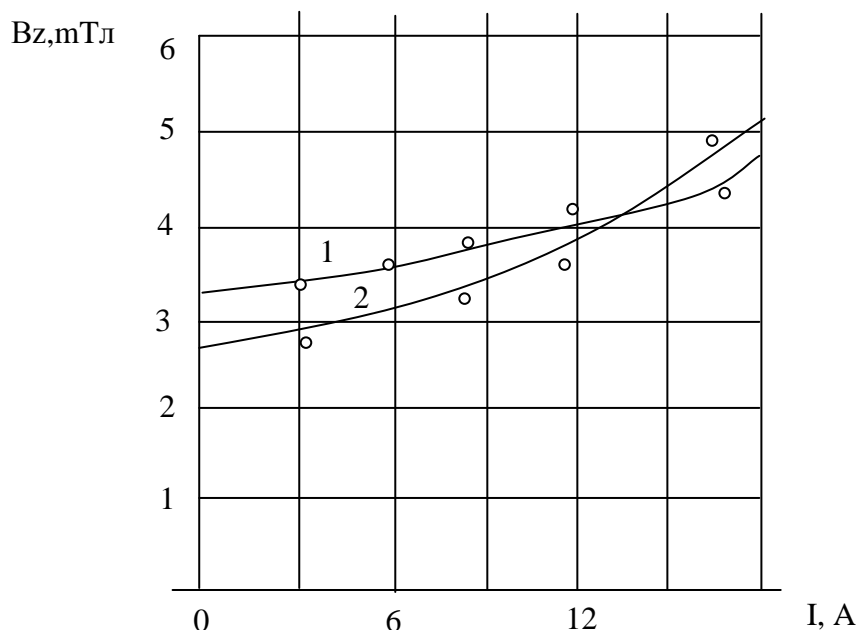


Рис 1. Изменение аксиальной составляющей индукции в лобовых частях обмотки статора при межвитковом коротком замыкании в секциях, 1- в фазе В и 2- в фазе С, в режиме нагрузки АД.

**Закключение.** При появлении во всыпной обмотке статора короткозамкнутых витков, характерно распределение аксиальной составляющей электромагнитного поля в конце вылета лобовых частей значительно меняется.

Контроль указанной составляющей индукции при диагностировании технического состояния АД позволит в ранней стадии обнаружить проявление межвиткового замыкания в процессе работы машины. Предложенный метод также можно применить для диагностирования двухслойной петлевой обмотки статора АД.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гашимов М.А. Диагностическое исследование виткового замыкания в асинхронных электродвигателях //Электрические станции. 1986, №11, с 27-30.
2. Гашимов М.А., Гусейнов А.М. Диагностирование неисправностей электроэнергетических машин при межфазных замыканиях в обмотке статора // Электричество, 1987, №4, с 53-56.
3. Вольдек А.И. Основы методики расчета магнитных полей лобовых частей обмоток электрических машин // Электричество, 1963, №1, с.41-46.

## XÜLASƏ

### STATOR DOLAĞININ ALIN HİSSƏLƏRİNDƏ İNDUKSİYANIN PAYLANMASININ DƏYİŞMƏSİNƏ GÖRƏ ASINXRON ELEKTRİK MÜHƏRRİKLƏRİNİN NASAZLIQLARININ DİAQNOSTİKASI

*Əhmədov D.A., Mustafayev R. İ., Əhmədov A.D.*

**Aşar sözlər:** maqnit sahəsi, asinxron mühərrik, induksiya, stator dolağı, sarğılararası qısaqapanma, texniki vəziyyətin diaqnostikası.

Məqalədə asinxron elektrik mühərriklərinin texniki vəziyyətinin stator dolağının alın hissələrində maqnit selinin paylanmasına görə diaqnostikası məsələlərinə baxılmışdır. Asinxron elektrik mühərrikinin texniki vəziyyətinin iş prosesində qiymətləndirilməsinin aparılması və stator dolağında sarğılararası qısaqapanmanın erkən müəyyən edilməsi üçün informativ parametr olaraq dolağın alın hissələrində induksiyanın aksial təşkiledicisinin qiymətindən istifadə edilməsi məqsədəuyğun olması göstərilmişdir.

## SUMMARY

### DIAGNOSING FAULTS OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS BY CHANGING THE DISTRIBUTION OF INDUCTION IN THE FRONTAL PARTS OF THE STATOR WINDING

*Ahmadov D.A., Mustafayev R.I., Ahmadov A.D.*

**Key word:** magnetic field, asynchronous engine, induction, stator winding, interterm closure, technical condition diagnosis.

The problems of diagnosing the technical state of an asynchronous electric motors according to the distribution of magnetic field in zone of the frontal parts of the stator winding. It is shown that as informative parameter the use of estimate of axial component of induction in frontal parts of the stator winding is expedient for the evaluation of technical state of an asynchronous electric motor in the work process and detection of an interterm closure in the stator winding in the early stage.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	16.11.2017
	Son variant	26.12.2017

UOT 677.074

## PARÇA İSTEHSALINDA YENİ İNNOVATİV TEXNOLOGİYALAR

**RƏCƏBOV İLQAR SALEH oğlu**

*Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti, UNEC, baş müəllim*

**UMUDOVA XEYRİ İLHAM qızı**

*AzFOODSERT MMC, ekspert*

[ilqar67@mail.ru](mailto:ilqar67@mail.ru)

*Açar sözlər: innovasiyalar, bazar, innovativ parçalar, tekstil materialları.*

İnkişafın müasir səviyyəsində innovativ fəaliyyət istehsal olunan, istehlakçının tələblərini daha aşağı istehlak dəyəri ilə ödəyən innovativ məhsulun yüksək keyfiyyətinin təmin olunması üçün vacib olan iqtisadi artımın və rəqabət qabiliyyətinin yüksəlməsinin ən vacib sistem amillərindən biridir. İnnovativ fəaliyyət innovasiyanın yaradılmasına, maddiləşdirilməsinə və həyata keçirilməsinə, yəni nəticənin əldə olunmasına yönəlmişdir. Nəticələr yeni texnologiyalar, məhsul növləri, xidmətlər, onların bazara təşviqinə səbəb olan və hazırda müasir müəssisələrin inkişafının əsas amili kimi məlum olan istehsal, inzibati, kommersiya xarakterli təşkilati-texniki qərarlardır. İnnovasiyaların on illərdir ki, hər bir şirkətinin əsasında durduğu Qərbi Avropa ölkələrindən fərqli olaraq, respublikamızda da innovasiyalara son vaxtlarda əhəmiyyət verməyə başlamışlar.

İnnovasiya proses və ya məhsulun effektivliyinin keyfiyyətli artımını təmin edən, bazar tərəfindən tələb olunan yeniliklərin tətbiqidir. Təşkilati inkişafın və istənilən şirkətin rəqabət qabiliyyətinin gücləndirilməsinin əsas amili, həmçinin innovasiyanın yaradılması, mənimsənilməsi, genişləndirilməsi və istifadə olunmasını birləşdirən innovativ fəaliyyətin nəticəsi adlanır. İstənilən şirkətin təşkilati tərəqqisinin və rəqabət qabiliyyətinin gücləndirilməsinin əsas amili, eləcə də innovasiyanın yaradılması, təkmilləşdirilməsi, yayılması və istifadə olunmasından ibarət innovasiya fəaliyyətinin nəticəsidir. İnnovasiya fəaliyyətində yaxşılaşdırılmış keyfiyyət göstəricilərinə malik olan məhsul və xidmətlərin istehsalının ən yeni texnologiyalarının təkmilləşdirilməsindən ibarət olan, mövcud bazara daha sadə, rahat və ucuz məhsulların çıxarılmasını nəzərdə tutan “təxribatçı innovasiyalar” böyük əhəmiyyətə malikdir [6]. Buna görə də istehsal prosesində təxribatçı innovasiyaların hərtərəfli tətbiqi, texnologiyaların, elmi nailiyyətlərin və istehsal prosesinin təkmilləşdirilməsinin işlənməsinin müasir istifadəsi üçün ən vacib istiqamət və əsas hesab edilir. Ancaq, təəssüf ki, innovativ fəaliyyətə təxribatçı yanaşmaların potensialı Azərbaycanda da sonuna qədər qəbul edilməmişdir.

Yuxarıda göstərilənlərə əsaslanaraq, verilən işdə əsas məqsəd yaxşılaşdırılmış istehlakçı xüsusiyyətlərinə və yüksək keyfiyyət göstəricilərinə malik innovasiyalı tekstil materiallarının istehsal olunduğu tekstil sənayesində təxribatçı innovativ texnologiyalar tədqiq olunmuşdur. Bu gün müasir bazarda qadın geyimləri üçün bizim həyatımızı yaxşılaşdıran və yüngülləşdirən geniş çeşiddə innovativ parçalar mövcuddur. Yeni texnoloji materialların tətbiqi müxtəlif quruluşlu yaxşılaşdırılmış və yeni xüsusiyyətli materialların, məsələn, “Kosmetotekstil” adlı parçaların istehsalına şərait yaradır. Bunlar ağıllı parçalardır ki, onlardan kosmetik effektdə malik olan, dərinin xarici görünüşünü və keyfiyyətini yaxşılaşdıran, bununla da orqanizmdən artıq mayenin çıxarılmasına kömək edən geyim əşyaları hazırlanır. Bu kimi materialların tərkibində xüsusi aktiv hissəciklərdən təşkil olunmuş, dəri ilə təmasda bütün səthə bərabər şəkildə paylanan və kosmetik və farmaseptik sənayedə geniş istifadə olunan mikrokapsullar var [1,2]. Buna görə də aktiv hissəciklərin mikrokapsullaşdırılmasında innovasiya texnologiyalarının tətbiqi elə parçalar,

geyim növləri istehsal etməyə imkan verir ki, onlar yalnız geyim olmasın, həm də kosmetik effektdə malik olsunlar.

İnnovativ parça istehsalında ən geniş imkanlara malik Legion Optima 250 parçasıdır. O, insanı zərərli təbiət amillərindən qoruyur. Həmin parçanın tərkibi təbii pambıq və yüksək istismar xüsusiyyətlərinə malik pambıq və poliefir liflərdən ibarətdir. Tərkibindəki yüksək miqdarda təbii pambığa görə parça yaxşı nəfəs alır, nəmi hopdurur, çox möhkəm poliefir liflər isə istismar prosesində əlavə müdafiə yaradan möhkəmliyi, az yığılmanı və geyimə asan qulluğu təmin edir [3]. Bundan başqa, müasir geyim həm də sənaye məhsulu və elmi-texniki tərəqqinin nəticəsi hesab edilir. Buna görə də tikiş məmulatlarının istehsalının inkişafının müasir mərhələsinin xüsusiyyətlərindən biri də dünyada həyat səviyyəsinin qaldırılması və müasir bazarda məhsulların satışı zamanı rəqabətin artırılmasının nəzərdə tutulmasına görə məhsullara olan istehlak, estetik, istismar, sənaye xüsusiyyətləri kimi kompleks tələblərin xeyli sərtləndirilməsidir. Bunlara əsasən Nyu-Yorkdan olan Sensatex Şirkəti “ağıllı parça” işləyib hazırlamışdır. Tətbiq edilən “İnterconnection” texnologiyası parçanın liflərinə bərkidilmiş, bədənin müxtəlif biometrik parametrləri haqqında məlumatı cip və ya adi kompyuterlərə ötürən müxtəlif ötürücülərin istifadəsinə imkan verir. Bu texnologiyanın əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, onu istənilən parça növündə: pambıq, ipək, likralı və s. istifadə etmək olar [2]. Beləliklə, bu cür parçalar müasir bazara buraxılan ən perspektivli innovativ qərarların həllindən sayılır.

Üstəlik müasir geyim hazırda daha çox müasir alimlərin elmi nailiyyətlərinin tətbiq obyektinə çevrilir. Belə ki, alimlərin tekstil sənayesində innovativ elmi nailiyyətləri nəticəsində İntelligent Tekstil kompaniyası tərəfindən “Elektron parça” əsgərlər üçün elektrik keçiriciliyinə malik olan, elektriki müəyyən yerə ötürən saplar yeridilmiş materialdan işləyib hazırlanmışdır. Əsas üstünlük parçanın enerjisinin saxlanması və hətta zədələnməsi zamanı fəaliyyətini davam etdirməsidir. Elektromaterialın avtomatik təmizləmə prosesi tətbiq zamanı yüksək möhkəmlik və sabit temperaturu saxlamağa imkan verir [3].

Müasir inkişaf mərhələsində geniş tətbiq sahəsinə malik xüsusi geyimlər böyük əhəmiyyət daşıyır. Modellər o qədər düşünülmüş və praktik olmuşdur ki, öz müdafiə xüsusiyyətlərini qoruyub saxlayaraq gündəlik geyimlərə daha çox yaxınlaşmış, insanların həyat və sağlamlıqlarını qoruyub saxlamış eyni zamanda öz xidməti öhdəliklərini yerinə yetirmişdir. Müasir xüsusi geyimlərin innovativ həlli, birincisi, işıq qaytarma, demək olar ki, açıq havada istismar üçün nəzərdə tutulmuş bütün geyim modellərində olur. İkincisi, rütubətli şəraitdə istismarı nəzərdə tutulmuş xüsusi geyim, xüsusilə rezinlənmiş parçadan hazırlanır. Belə geyimlərdə bütün tikişlər möhürlənir, yəni sıx bağlanır. Bu səbəbdən bu cür geyimlərin istehsalı zamanı xüsusi rütubət təsirinə qarşı davamlı olan möhkəm saplardan istifadə olunur.

Bununla yanaşı, insanı yüksək temperaturdan, istilik şüalanmasından, qılgınlıqlardan, sıçramalardan, metal əriməsindən, 100 °C və daha çox qızmış səthlərdən qoruyan geyimlərin hazırlanmasında ən əsas element xüsusi sintetik, müxtəlifçeşidli oda davamlı tikiş saplarıdır ki, onların tətbiqi yanğından mühafizə xassəli geyimlərin hazırlanmasına yeni yanaşmadır. Həmin sap alovun və 350 – 400 °C temperaturun təsiri altında bir dəqiqə müddətində 75%-dən çox qırılma qüvvəsini qoruyub saxlayır. Temperaturun 420-460 °C-yə qədər artırılması zamanı qırılma qüvvəsi əvvəlki vəziyyətin 45 – 60 %-nə malik olur. Müxtəlifceşidli tikiş saplarının təklif olunan quruluşu iki texnoloji keçidli burma və yerli fırlatma avadanlıqlardan istifadə edərək, sarımaqla əldə olunur. Bu prosedurlar yüksəkkeyfiyyətli və münasib qiymətli tikiş sapları əldə etməyə imkan verir [7]. Buna görə də yerli bazarda yüksək temperatur və istilik şüalanmasından müdafiə sahəsində ən uyğun parçalar Ruser və Arselon lif və sapları əsasında hazırlanmış, 500 °C dağılma temperaturuna malik kombinə edilmiş, qatlanmış və burulmuş Strenq saplarından təşkil olunmuş, lazımi müdafiə və istismar xüsusiyyətlərinə malik parçalar məqsəduyğun sayılır.

Həmçinin yeni nəslin xüsusi geyiminin innovativ həlli kimi antistatik “Fantom” parçası işləyib hazırlanır. Parçanın üz tərəfi məmulatın bütün xidmət müddəti ərzində müdafiəni təmin edən görünməz damalı strukturdan ibarətdir. Bu cür parça antistatik möhkəm metallaşdırılmış



liflərdən təşkil olunmuş, beləliklə də, mexaniki zədələnmələrə, cırılma və yuyulmaya maksimal dözümlü, statik elektrik toplanması zamanı qılgılcımların yaranmasına, suya, yağa və s. qarşı kompleks müdafiəni təşkil edir [3,5].

Bazarda müxtəlif zamanlarda ayaqqabıya rahatlıq və komfortluluq verən, onun quruluşuna və məqsədəuyğunluğuna, formasına, həmçinin içliyin materialının növünün bağlanmasına xidmət edən sadə və tələbata uyğun içliklərin işlənilib hazırlanması vacibdir. Ayrı-ayrı istehlak materiallarının istehlakçılarının fərdi xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq, verilmiş içlik növlərinin quruluşu layihələndirmə və material bağlamasının seçimi böyük əhəmiyyətə malikdir. Qoyulan içliklərin üstünlüyü, onların ayaqqabının alt və ya üstünə bərkidilməməsidir ki, bu da istehlakçının arzuolunan rahatlıq, zövq müxtəlifliyi və mövcud tibbi problemlərinə görə seçmək və ya dəyişmək imkanının olması kimi müsbət faktır. Ona görə də müasir mərhələdə tərkibində antibakterial hopdurmaları olan, ayaqqabının içində uzun müddət rahatlıq və gigiyenik xüsusiyyətləri dəstəkləyən, qarışıq kətan parçadan hazırlanmış “Sanitized T99-19” içliklərinin istehsalını məsələnin həlli hesab etmək olar. Hopdurma, qidalandırıcı hissəciklər vasitəsilə ətraf mühitdən müxtəlif mikrobları udaraq müxtəlif bakteriya və göbüləkləri məhv edir, qarşılıqlı təsir zamanı yoluxma riskini azaldır, xoşagəlməz iylərin yaranmasının qarşısını alır, sağlamlıq üçün təhlükəsizdir, allergik reaksiyaları yox edir, yuyulma və sterilləşdirməyə dözümlüdür və istifadəyə kifayət qədər əlverişlidir [2].

Tekstil sənayesində daha məqsədyönlü və innovativ həll olaraq qeyri-xətti olmayan kavitasialı elektrik boşalmalı (KEB) yun liflərin emalı texnologiyasının tətbiqi hesab edilir. Həlli ondan ibarətdir ki, yüksək keyfiyyət əldə etmək üçün (KEB)-dan vannaya daxil olan yunun əvvəlcədən təmizlənməsini nəzərdə tutan ikimərhələli yuyulmanın texnoloji prosesindən istifadə etmək vacibdir. (KEB)-də mineral və üzvi çirklənmələrin yox edilməsi aparılır, liflərin üst qatında piy örtüyü çirklərini dağdır. Daha sonra yun, yuyucu məhlulu olan qarışıqğa daxil olaraq tamamilə minerallardan, üzvi və yağ qarışıqlarından təmizlənir [8]. Beləliklə, alınan yuyulmuş yunun tərkibində işlənmiş texnologiyaya əsasən 1,63% piy qalıqları, 15,6% nəmlik, 0,8% bitki, 1,54% mineral qatışıqı qalır ki, bu da yunun yüksək keyfiyyət göstəricilərinə malik xeyli əlverişli və faydalı innovativ üsulla yuyulmasındandır.

Sonda qeyd etmək lazımdır ki, tekstil sənayesində ekoloji cəhətdən təmiz və ultradəbli mallar arasında kətan materiallar mühüm yer tutur. Onlar təbii olaraq boyanmış kətan liflərə, müstəsna təbii xüsusiyyətlərə, yüksək dözümlüyə, gigiyenikliyə, təbii bakterisidliyə, ekolojiliyə və təbiiliyə malikdirlər. Bu arada kətan materialların fermentlərlə emalı, kətan liflərdə materialların bədii və rəngli formalaşdırılmasına geniş imkan yaradan liqnin və təbii boyaları saxlamağa imkan verir, bu da kətan xammaldan daha tamlıqla istifadəyə və yerli bazarda kətan məmulatların istehsalında rəqabət qabiliyyətinin artırılmasına imkan verir. Bundan əlavə, kətan paltarlarda materiala deformasiya verən və yumşaldıcı təsir göstərən, yapışqanlı birləşmələrə rütubətin təsiri ən mühüm əhəmiyyətə malikdir. Hidrofil məmulatlı liflərə rütubətin təsiri daha əhəmiyyətlidir, belə ki, o, geyimin yapışqanlı birləşmələrinin xüsusiyyətlərinə təsir göstərir. Yapışqanlı birləşmələrin əyilməsi, xarakteristikasının dəyişdirilməsi əsasın növündən və eləcə də, əsas parçanın strukturunun xüsusiyyətlərindən və səthinin qalınlığından asılıdır [1, 4].

Öyrənilən materialın təhlili bir daha sübut edir ki, “təxribatçı” texnologiyalar, adətən, istehlakçının tələblərini təmin edən genişçəşidli innovativ parçalar buraxıldığı yeni bazarların yaranmasına gətirib çıxarır. Bundan əlavə, “təxribatçı” innovasiyalar daimi istehlakçı üçün nəzərdə tutulmur, necə ki, onların köməyi ilə təkmilləşdirilmiş məhsullar artıq mövcud olan bazara çıxarılır. Bu da bir tərəfdən tekstil sənayesində təxribatçı innovativ qərarların tətbiqinə əsaslanır və bu sahədə müsbət nəticə verir, həmçinin bizim həyatımızı yaxşılaşdıran məhsul və xidmətlərin bazara çıxarılmasını təmin edir. Müvafiq olaraq, digər tərəfdən paltar istehsalında yeni imkanlar yaranır və onların insan orqanizminə adaptasiya xüsusiyyətləri ancaq tekstil sənayesində elmi nailiyyətlər sayəsində müasir istehlakçının tələblərini təmin edən keyfiyyətli geyim istehsalı yaradıla bilər. Beləliklə, tekstil sənayesinin müasir elmi nailiyyətləri elmin yeni,

yaşılışdırılmış xüsusiyyətlərə malik innovativ tekstil materiallarının istehsal prosesinin elmi işlənməsinin təkmilləşdirilməsini tələb edən yeni inkişaf mərhələsinə keçid almasına imkan verir.

**Nəticə.** Qeyd etmək lazımdır ki, innovativ mühitin inkişafı mühüm əhəmiyyət kəsb edir ki, bu da fundamental və tətbiqi tədqiqatların nəticələrinə əsaslanan elmi–texniki işləmələrin yeni istehlak xüsusiyyətlərinə malik olan bazar məhsuluna çevrilməsinə təsir edir. Uyğun olaraq, innovasiyalar müasir dünyada daha böyük maraq yaradır və təkcə arzuolunan deyil, həm də həyatı vacib elementə çevrilir. Bundan başqa, parça istehsalında və xidmətlərin göstərilməsində innovativ fəaliyyət, istənilən müəssisənin mütləq nailiyyətləri, məhsulun istehsalının keyfiyyətinin yüksəldilməsi, istehlakçının tələblərinin təmin olunması üçün mütləqdir. Bütünlükdə innovasiya fəaliyyətinin müxtəlifliyi bütün mümkün təşkilati əlaqələrin ən yaxşı icraçılarla əməkdaşlığa cəlb edən istənilən innovativ fəaliyyətlə birləşməsidir. Buna görə də innovativ fəaliyyətin təşkili daha ümumi xarakterə malikdir və, bir qayda olaraq, müasir elmi–istehsalat fəaliyyətini həyata keçirmək üçün tətbiq edilə bilər.

### ƏDƏBİYYAT

1. Буданова Г.Н., Ролдугина А.Е. Инновационные технологии в про-изводстве новых текстильных материалов // Международный независимый институт математики и Систем «МиС»: Актуальные вопросы развития инновационной деятельности в новом тысячелетии. Ежемесячный научный журнал. 2014. №9, с.10-12.
2. Буданова Г.Н., Ролдугина А.Е. Подрывные инновации в текстильной промышленности // Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. 30 сентября 2014 г., в 11 частях. Часть 10. Тамбов: 2014, с.46-47.
3. Буданова Г.Н., Ролдугина А.Е. Инновационные научные достижения в текстильной промышленности // Современные тенденции в образовании и науке: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. 28 ноября, 2014, в 14 частях. Часть 7. Тамбов: 2014, с.20-21.
4. Замышляева В.В., Смирнова Н.А. Влияние влаги на клеевые соеди-нения одежды из льна // Технология текстильной промышленности. Научно-технический журнал, 2012, №4(340), с.23-25.
5. Инновации в производстве спецодежды [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rostrob.ru/articles/innovacii-v-proizvodstve-specodezhdy>. (дата обращения: 06.12.2014).
6. Масленикова Н.П. Планирование инновационной деятельности на основании стратегии роста, обеспечивающей успех: стратегия вытеснения через подрывную инновацию // Менеджмент сегодня. Научный журнал. 2011, №1, с.30-36.
7. Родионов В.И., Дориомедов М.С. Технология получения термостойких комбинированных швейных ниток // Технология текстильной промышленности. Научно-технический журнал. 2012, №1 (337), с.37-41.
8. Сарибекова Ю.Г., Семешко О.Я., Ермолаева А.В. Инновационная технология обработки шерстяного волокна // Технология текстильной промышленности. 2013, №3 (345), с.79-83.

**РЕЗЮМЕ**

**НОВЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТКАНИ**

*Раджабов И.С., Умудова Х.И.*

**Ключевые слова:** *инновации, подрывные инновации, рынок, инноваци-онные ткани, текстильные материалы.*

Статья посвящена изучению подрывных инновационных технологий в области текстильной промышленности. Анализ изученного материала показал, что сегодняшний современный рынок имеет широкий ассортимент инновационных тканей, удовлетворяющих потребности потребителей, позволяющий получить материалы разнообразных структур, которые являются результатом инновационного научно-технического прогресса. Современные научные достижения текстильной промышленности позволяют осуществить переход науки на новый уровень развития, требующий внедрения научных разработок в процесс производства, что способствует открытию новых возможностей в производстве качественной одежды, удовлетворяющей современным требованиям потребителей.

**SUMMARY**

**NEW INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN FABRIC PRODUCTION**

*Rajabov I.S., Umudova Kh.I.*

**Keywords:** *innovations, blasting innovations, market, innovative fabrics, textile materials*

Article is devoted to studying of blasting innovative technologies in the field of the textile industry. The analysis of the studied material showed that today's modern market has the wide range of the innovative fabrics satisfying needs of consumers, allowing to receive materials of various structures which are the result of innovative scientific - technical progress. Modern scientific achievements of the textile industry allow to carry out transition of the science to a new level of development demanding introduction of scientific development in production process that promotes opening of new opportunities in production of the qualitative clothes meeting modern requirements of consumers.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	23.01.2017
	Son variant	26.12.2017



**XRONİKAL QEYDLƏR**

2017-cı il üzrə Sumqayıt Dövlət Universitetində aşağıdakı konfranslar planlaşdırılmış və keçirilmişdir:

- Magistrantların XVI Respublika elmi konfransı (11-12may)
- Tələbə Elmi Cəmiyyətinin III Tələbə elmi konfransı (24 may)
- Riyaziyyatın nəzəri və tətbiqi problemləri. Beynəlxalq elmi konfrans (25-26 may)
- İqtisadiyyatın rəqabətliliyinin yüksəldilməsi yolları. Respublika elmi konfrans ( 17-18 oktyabr)
- Funksional monomerlər və xüsusi xassəli polimer materialları: problemlər, perspektivlər və praktiki baxışlar. Beynəlxalq elmi konfrans (15-16 noyabr)

---

## MÜNDƏRİCAT    СОДЕРЖАНИЕ    CONTENTS

### *Fizika və riyaziyyat*

1. *Mamedova P.L., Kurbanova S.A., Mamedov F.A., Axmedova A.M.* Поляризационные процессы и электретные свойства в композициях полипропилен/наноглин типа  $Na^+$  монтмориллонит 12
2. *Бабаджанова В.Г.* Исследование динамических волн в пористых средах, насыщенных жидкостью 16
3. *Шахвердиева Г.Н.* Задача кручения для неоднородной трансверсально – изотропной плиты переменной толщины 21

### *Kimya*

4. *Muradov M.M., Ağayev Ə.Ə.* Fenolun və anilinin metanolla alkilləşməsində nanoölçülü oksid sisteminin katalitik xassələri 27
5. *Məmmədova Y.M., Əliyeva R.V., Qarayeva E.M.* Aromatik karbohidrogenlərin ion maye tipli kompozit katalitik sistemlərin iştiraki ilə (oliqo)alkilləşmə prosesləri 31
6. *Gaxramanov P.Ф., Оруджев К.Дж., Шахгелдиев Ф.Х., Мамедова А.А.* Синтез и исследование циклических ацетиленовых Аминоспиртов, обладающих повышенными антикоррозийными свойствами в кислой среде 38
7. *Ağazadə Y.C.* Antikorroziya xassəli müxtəlif tərkibli kompozisiyaların standart metal nümunələr üzərində tədqiqi 42
8. *Tarverdiyev Ş.Ə., Rüstəmov K.M., Nəsirova İ.M.* Fenilasetilenilkarbinolun qlisidil efirinin dihidrosilanlar ilə hidrosililləşdirilməsi 48
9. *Османова С.Ф.* Синтез и исследование новых амидов – производных ацетофенона 52
10. *Qədimov V.Ə., Süleymanova N.M., Şammədova İ.H.* İsmayılı rayonunun əsas bal və çiçək tozu verən bitkiləri 56

### *Texnika*

11. *Mustafayev V.A., Zeynalabdiyeva İ.S., Ruffullayeva R.A.* Paralel modullardan ibarət avtomatlaşdırılmış kompleksin idarəetmə modeli 61
12. *Rüstəmov Q.Ə., Ağayev U.X., Əliyeva S.B.* Tənzimləmə sistemlərinin MATLAB – Simulinkdə faza portretlərinin qurulması 66
13. *Rüstəmov Y.İ., Qaraməmmədov H.Ə., Məmmədova Ş.H., Əzim-zadə A.Ə.* Kapsullaşdırılmış gübrə dənələrinin mexaniki möhkəmliyinin artırılmasının kapsuləmələgətirici polimerin və prosesin əsas parametrlərindən asılılığının tədqiqi 73
14. *Баламетов А.Б., Салимова А.К., Гаджиев Н.И.* Анализ эффективности смешанных распределительных электрических сетей низкого напряжения 79
15. *Ахмедов Д.А., Мустафаев Р.И., Ахмедов А.Д.* Диагностирование неисправностей асинхронного электродвигателя по изменению распределения индукции в лобовых частях обмотки статора 86
16. *Rəcəbov İ.S., Umudova X.İ.,* Parça istehsalında yeni innovativ texnologiyalar 90

---

Kompüter yığımı *S.Şahverdiyeva*  
Texniki redaktor *E.Həsəratova*  
Dil dəstəyi *Linqvistik mərkəz*

Çapa imzalanmışdır: 2017-ci il  
Mətbəə kağızı, kağızın formatı: 70\*108 ¼  
Yüksək çap üsulu. Həcmi: 23,18 ş.ç.v.  
Sifariş . Tiraj 250 nüsxə.  
Qiyməti müqavilə yolu ilə.

---

Sumqayıt Dövlət Universiteti  
Redaksiya və nəşr işləri şöbəsi

**Müxbir ünvan:**

Azərbaycan, 5008, Sumqayıt, 43-cü məhəllə  
Tel: (0-12) 448-12-74  
(0-18) 644-88-10  
Faks: (0-18) 642-02-70

**Web: [www.sdu.edu.az](http://www.sdu.edu.az)**  
**E-mail: [sdu.elmixeberler@mail.ru](mailto:sdu.elmixeberler@mail.ru)**