

УДК 537.323

## ТЕРМОЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ

 $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$ <sup>1</sup>ЗАРБАЛИЕВ МАГОМЕДАЛИ МАЗАХИР оглу<sup>2</sup>ИСМАИЛОВ МАИС ГАСИЛЬ оглу<sup>3</sup>ВАЛИЕВА БАНОВША АСЛАН ГЫЗЫ

Сумгаитский государственный университет,

1-профессор, 2-докторант, 3-старший лаборант

[zarbalievmm51@mail.ru](mailto:zarbalievmm51@mail.ru)

**Ключевые слова:** термоэдс, термоэффективность, термоэлектрическая добротность, халькоген

Обсуждены возможности получения четверных твердых растворов на основе тройного полупроводникового соединения  $TlInTe_2$  с редкоземельными элементами. На основе температурных зависимостей коэффициентов электропроводности, термоэдс и теплопроводности рассчитаны термоэлектрическая добротность в широком интервале температур и концентраций дырок в твердых растворах  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$ . Установлено, что рост относительного числа атомов церия, замещающих атомы индия, приводит к росту термоэлектрической добротности. Показано, что относительно большие значения термоэффективности в данных материалах по сравнению с  $TlInTe_2$  обусловлены, в основном, рассеянием фононов и дырок на дефектах. Приведены расчеты для термоэлементов на основе монокристаллов твердых растворов  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$ .

Бурное развитие современной электроники требует непрерывного совершенствования технологии твердотельной электроники. Это стимулирует поиски и разработки новых полупроводниковых материалов, обладающих уникальными свойствами.

Поиск новых полупроводниковых материалов можно вести в направлении расширения кристаллоструктурной группы уже известных материалов. Для конкретности в дальнейшем свои рассуждения мы будем вести, в основном, на основе кристаллических решеток типа  $A^{III}B^{VI}$ . Характерным примером решеток данного типа может являться соединение  $TlSe$ .

Как известно, [4-6] соединение  $TlSe$  отличается крайними специфическими особенностями, представляющими большой научный и практический интерес. В решетках  $TlSe$  атомы таллия проявляют переменную валентность. Благодаря особой электронной конфигурации и объемным данным соответствующих металлических компонентов, решетки  $TlSe \rightarrow Tl^+[Tl^{3+} + Se_2]^-$  оказываются составленными из двух самостоятельных структурных единиц – из восьмивершинника, с ионным характером связи  $M^I - X(Tl^{3+} - Se)$  и тетраэдра, с ковалентной связью между  $M^{III} - X(Tl^{3+} - Se)$ . С точки зрения пространственно-геометрических соображений определяющим из них является восьмивершинник, а в смысле химической связи – тетраэдр. Следовательно, ответственными в формировании кристаллических решеток данного типа являются одновалентные ионы таллия и индия в октаэдрах, в то время как полупроводниковые особенности соединений с данной структурой определяются, главным образом, трехвалентными ионами таллия-  $Tl^{3+}$  и индия-  $In^{3+}$  в тетраэдрах.

Таким образом, из строения кристаллической решетки непосредственно следует, что не только на замещение одновалентного таллия в восьмивершиннике, по сравнению с

трехвалентными, а также и окружающего его элемента-халькогена, должны полагаться более жесткие ограничения. Поэтому представляется не случайным, что решетки типа  $TlSe$  сохраняются при замещении селена ( $r^{2-} = 194pm$ ) соответствующими ионами серы ( $r^{2-} = 184pm$ ) и теллура ( $r^{2-} = 221pm$ ), несмотря на существенное различие их объемных параметров, в то время как при замещении одновалентного таллия ( $r^{2-} = 198pm$ ) одновалентными атомами меди ( $r^{1+} = 96pm$ ) и серебра ( $r^{1+} = 126pm$ ) решетки типа  $TlSe$  оказываются неустойчивыми. Действительно, некоторые из существующих соединений  $A^I B^{III} C_2^{VI}$  [4]. ( $CuTlSe_2, AgTlSe_2$  и т.д.), кристаллизующихся в решетках халькопирита типа  $CuFeS_2$  могут быть формально представлены как результат замещения одновалентного таллия в решетке типа  $TlSe$  соответствующими элементами первой группы. Итак, в силу совершенно определенных соображений, при поиске кристаллоструктурных аналогов  $TlSe$  ( $TlTlSe_2$ ) путь замещения одновалентных ионов элементами третьей группы не обещает успеха, к тому же замещение такое не представляло бы особого интереса даже при соответствии параметров, в смысле управления полупроводниковыми особенностями. Следовательно, существенные изменения полупроводниковых параметров, прежде всего ширины запрещенной зоны -  $\Delta\varepsilon_g$ , должны иметь место именно при соответствующих замещениях трехвалентных ионов в тетраэдрах.

Таким образом, приходим к заключению, что для разумного управления полупроводниковыми свойствами при катионном замещении в рамках структурного типа  $TlSe$ , практически возможным и наиболее рациональным является замещение трехвалентных ионов таллия в тетраэдрах соответствующими элементами  $III^b$  подгруппы ( $Ga, In$ ), а также трехвалентными редкоземельными элементами ( $Ln^{3+}$ ), не затрагивая при этом одновалентных ионов в восьмивершиннике. При взаимном замещении элементов  $III^b$  группы, исходя из особенностей электронных конфигураций, можно сделать некоторые прогнозы. Атомы таллия при взаимодействии с элементами своей подгруппы трехвалентными редкоземельными элементами проявляют одновалентное состояние. Несмотря на то, что одновалентное состояние характерно также для индия и галлия, но тем не менее, последние в соединениях типа  $A^I B^{III} X_2^{VI}$  при конкуренции с таллием проявляют нормальную валентность ( $In^{3+}$  и  $Ga^{3+}$ ), с внешней конфигурацией электронов  $5s^2 5p^1$  и  $4s^2 4p^1$ , соответственно. Реальность данного предположения следует из того факта, что  $5s^2$  оболочка индия, тем более и  $4s^2$  оболочка галлия по сравнению с  $6s^2$  оболочками таллия менее устойчивы, т.е. вероятность проявления одновалентного состояния, а следовательно, и занятия октаэдрического положения в решетках типа  $TlSe$ , при прочих равных условиях уменьшается в последовательности  $Tl - In - Ga$ . Таким образом, соединения  $TlInSe_2$  и  $TlGaSe_2$  в частности от  $TlTlSe_2 \rightarrow Tl^+[Tl^{3+}Se_2]^-$  отличаются лишь соответствующими атомными радикалами  $[In^{3+}Se_2]^-$  и  $[Ga^{3+}Se_2]^-$ , а тем самым, и шириной запрещенной зоны [4, 6]. В то время как  $TlInTe_2$  и  $InGaTe_2$  на основе тех же соображений должны быть изоструктурными с  $InTe \rightarrow In^+[In^{3+}Te_2]^-$  и выведены из него: в случае  $TlInTe_2$ —замещением одновалентных ионов индия ( $In^+$ ) в восьмивершиннике ионами таллия соответствующей валентности ( $Tl^+$ ), а в случае  $InGaTe_2$ —замещением анионного радикала  $[In^{3+}Te_2]^-$  на  $[Ga^{3+}Te_2]^-$  и следовательно, должны быть представлены как -  $Tl^+[In^{3+}Te_2]^-$  и  $TlGaTe_2 - In^+[Ga^{3+}Te_2]^-$  [6]. В действительности соединения  $InInTe_2$  и  $TlInTe_2$ , отличающиеся лишь одновалентными катионами ( $In^+$  и  $Tl^+$ ) обладают одной и той же (0.7эВ) шириной запрещенной зоны. А соединение  $InGaTe_2$  ( $\Delta\varepsilon_g = 1,4эВ$ ), отличающийся от  $InInTe_2$  ( $\Delta\varepsilon_g = 0,7эВ$ ) катионами ковалентно тетраэдрической координации резко отличаются по ширине запрещенной зоны. Таким образом, указанные выше фазы являются интересными еще и тем, что

позволяют разумно управлять шириной запрещенной зоны, а при совершенно одной и той же ширине запрещенной зоны варьировать другими физическими параметрами [4].

Известно, что за исключением европия ( $Eu$ ) и иттербия ( $Yb$ ) и по меньшей степени самария ( $Sm$ ) все остальные редкоземельные элементы ( $PЗМ$ ) проявляют нормальную трехвалентность и их физические и химические свойства мало отличаются друг от друга. Это связано с тем, что состоянию с наименьшей энергией отвечает  $5d^16s^2$  конфигурация внешних электронов. Вклад  $4f$ - электронов в химическую связь можно не учитывать ввиду того, что волновые  $4f$  функции ионов РЗМ сильно локализуются вблизи ядер. В этой связи валентные конфигурации всех РЗМ определяются наиболее типично. По этим соображениям с частичным замещением трехвалентных атомов индия или галлия в полупроводниковых соединениях типа  $A^IVB^III X_2^{VI}$  с трехвалентными РЗМ получается новый класс полупроводниковых соединений и твердых растворов по схеме  $Tl^+Tl^{3+}X_2^{VI} \rightarrow Tl^+In^{3+}X_2^{VI} \rightarrow Tl^+In_{1-x}^{3+}Ln_x^{3+}X_2^{VI} (0 \leq x \leq 1)$ . При образовании соединений типа  $TlLnX_2^{VI}$  внешние электронные оболочки атомов халькогенов  $s^2p^4$  могут достраиваться до нейтрального аргона ( $3s^23p^6$ ), криптона ( $4s^24p^6$ ), и ксенона ( $5s^25p^6$ ), за счет  $5d^16s^2$  или  $4f^16s^2$  электронов РЗЭ. А в твердых растворах, по нашему мнению, внешние электронные оболочки двух пар атомов халькогенов достраиваются до нейтрального аргона, криптона и ксенона за счет  $6p^1$  электронами  $Tl$ ,  $5s^25p^1$  электронов индия и  $5d^16s^2$  или  $4f^16s^2$  электронов лантанидов [7].

В данной работе обсуждается возможность использования в качестве термоэлемента твердых растворов  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$ . В [4,6] показано, что в системе  $TlInTe_2 - TlCeTe_2$  наблюдается область растворимости на основе  $TlInTe_2$ . Характерной особенностью кристаллов твердых растворов  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$  является наличие в их кристаллической решетке стехиометрических вакансий с высокой концентрацией ( $10^{18} - 10^{19} \text{ см}^{-3}$ ) и связанных с ними локализованных состояний в запрещенной зоне [1,3], и эта величина растет с ростом относительного количества церия в составе твердых растворов. Образование твердых растворов приводит к изменениям электронной и решеточной подсистем кристалла, вызывая статическую деформацию решетки и возмущение электронного спектра. С ростом концентрации вакансий в твердом растворе среднее расстояние между атомами растворенного вещества  $TlCeTe_2$  достигает значений, при которых межпримесное взаимодействие начинает вносить заметный вклад в энергию кристалла растворителя  $TlInTe_2$ , и это приводит к появлению принципиально новых свойств, не характерных для исходного материала. Так; при легировании  $TlInTe_2$  некоторыми редкоземельными элементами ( $Gd, P_2, Nd, Eu, Dy, Yb$ ) наблюдается эффект стабилизации уровня Ферми, когда его положение определяется только составом сплава и не зависит от концентрации легирующих примесей [1-3].

В работе [4] исследованы электрические свойства  $TlIn_{1-x}Ln_xTe_2$  при слабых и сильных электрических полях, вольтамперные характеристики, температурные зависимости теплопроводности, термоэдс. Показано, что в рассеянии фононов одновременно с U- процессами активную роль играют нормальные процессы и рассеяния на точечных дефектах. Авторы [1,4,6,7] также показали, что образцы  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$  обладают переключающими свойствами с электрической памятью и высоким значением термоэффективности. При переходе от  $TlInTe_2$  к твердым растворам  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$  на его основе улучшаются термоэлектрические свойства и при средних температурах они достигают величин, представляющих практический интерес. Таким образом, сочетание высоких температур плавления, термической и механической стойкости с низким коэффициентом теплопроводности и высокой величиной термоэдс обуславливает интерес к их термоэлектрическим свойствам. Для термоэлектрического охлаждения традиционно используют материалы на основе твердых растворов теллуридов висмута (n- ветвь) и

сурьмы (р-ветвь). Для изготовления ветвей термоохладителей применяют поликристаллические материалы, полученные методом зонной плавки или экструзией. В последнее время все большее развитие приобретает проблема микроминиатюризации, в связи с которой предъявляются определенные требования к материалу ветвей термоэлементов, а именно: высокой однородности, достаточно большой механической прочности, совершенству структуры и др.

Поликристаллические материалы уже не удовлетворяют многим из этих параметров. С этой точки зрения особый интерес представляют монокристаллические образцы твердых растворов  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$  [4].

Образцы получали из элементов  $Tl, In, Te$  «осч» и  $Ce$  «хч» прямым синтезом эвануированных до  $10^{-2}$  Па кварцевых ампулах. Для получения равновесного состава их отжигали в течение  $\sim 120$  ч.

Монокристаллы выращивали в кварцевых ампулах с внутренним диаметром 14 – 16 мм и длиной 120 мм, рост кристаллов до 5 суток. Полученные монокристаллы раскачивались по двум плоскопараллельным зеркальным плоскостям скола.

Как было отмечено выше, характерной особенностью кристаллов твердых растворов  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$  является наличие в их кристаллической решетке большой ( $\sim 10^{18} - 10^{19} \text{ см}^{-3}$ ) концентрации стехиометрических вакансий и связанных с ними локализованных состояний в запрещенной зоне и эта величина растет с ростом мольной доли церия в составе твердого раствора, вследствие чего электропроводность твердых растворов  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$  значительно возрастает (почти на два порядка), а коэффициент теплопроводности уменьшается за счет появления дополнительных центров рассеивания фононов, и эти обстоятельства приводят к увеличению термоэффективности указанных составов [4].

Для практического использования монокристаллов в многокаскадных термоэлектрических охладителях важны данные по исследованию охлаждения на парах от различных температур горячего спа.

Расчет проводили на основе уравнения теплопроводности

$$\text{div} \chi \vec{\nabla} T = j^2 \rho + \left( \vec{j}, T \frac{d\alpha}{dT} \vec{\nabla} T \right) \quad (1)$$

при следующих граничных условиях:

$$T_n(0) = T_p(0) = T_c \quad T_n(\ell) = T_p(\ell) = T_x \quad (2)$$

$$\left( -\bar{\chi}_n S_1 \frac{dT_n}{dx} \right) \Big|_{x=\ell} = (\bar{\Pi}_p + |\bar{\Pi}_n|) I - I^2 R_h \left( \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} \right) - \varrho$$

где  $\ell$  - высота ветвей термоэлементов,  $\varrho = (\chi_{cu} S_{cu} + \chi_k S_k) \frac{T_n - T_x}{\ell_1}$  теплопритоки на холодные спаи термоэлемента по медь-константановым термопарам, измеряющим температуру холодных спаев  $\chi_{cu}, S_{cu}, \chi_k, S_k$  - теплопроводности и сечения медь-константановых ветвей термопар, соответственно,  $\ell_1$  - их длина. Коэффициент Пельтье  $\Pi = \alpha(T_x) \cdot T_x$

При расчете учитывали температурные зависимости коэффициента термоэдс, электропроводности и теплопроводности, полученные из измерений этих параметров в измеряемом интервале температур.

Найдено, что

$$\frac{I^2 \rho}{S^2} \approx 2,2 \cdot 10^6 \frac{Bm}{m^3}, T \cdot \frac{I}{S} |\Delta \alpha| = 5,4 \cdot 10^5 \cdot \frac{Bm}{m^3}, (\bar{\nabla} X (\bar{\nabla} T))^2 \approx 10^5 \frac{Bm}{m^3}$$

Полученные при этом уравнения

$$\frac{d^2 T_n}{dx^2} = \frac{I^2 \rho_n}{\chi_n S_1^2} + \frac{I}{S_2} T_n \frac{1}{\chi_n} \cdot \frac{d\alpha_n}{dT} \cdot \frac{dT_n}{dx} - \frac{1}{\chi_n} \frac{d\chi_n}{dT} \left( \frac{dT_n}{dx} \right)^2$$

$$\frac{d^2T_p}{dx^2} = \frac{I^2 \rho_p}{\chi_p S_1^2} + \frac{I}{S_2} T_p \frac{1}{\chi_p} \cdot \frac{d\alpha_p}{dT} \cdot \frac{dT_p}{dx} - \frac{1}{\chi_p} \frac{d\chi_p}{dT} \left( \frac{dT_p}{dx} \right)^2$$

нелинейны и аналитического решения не имеют. Эту систему уравнений решали численно методом прогонки с итерацией. При решении точность температуры составляла 0,2К. Погрешность сетки не превышала 1К. Вычисленные значения  $\Delta T_{max}$  выше экспериментальных.

Более низкие  $\Delta T_{max}$  в реальном случае естественно связать с наличием контактного сопротивления и теплопритоков, в частности, по измерительным термопарам.

Чтобы показать роль теплопритоков, меняли сечение ветвей термоэлементов,  $\Delta T_{max}$  рассчитывали при тех же теплопритоках. При  $S_1 = S_2 = 0,10 \text{ см}^2$  перепад температур  $\Delta T_{max} = 70\text{К}$ , при  $S_1 = S_2 = 0,03 \text{ см}^2$  перепад температур уменьшается до 60К, температура горячих спаев составляла  $T_2 = 300\text{К}$ .

Изменение соотношения сечения ветвей  $S_1/S_2$  показало, что равенство сечений почти оптимально для получения максимального  $\Delta T_{max}$ . Так, для  $T_2 = 300\text{К}$   $S_1/S_2 = 1,4$  и только при  $T = 160\text{К}$  оно становится равным 1,5.

Таким образом, испытаны термоэлементы из монокристаллов по методу зонной перекристаллизации. С использованием данных температурного изменения параметров материалов проведен численный расчет  $\Delta T_{max}$  в зависимости от температур горячего спаев, показано, что из-за контактного сопротивления и натекания тепла измеренное значение  $\Delta T_{max}$  меньше рассчитанного значения  $\Delta T_{max}$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Ф.Ф., Агаева У. М., Зарбалиев М.М. Энергетический спектр носителей заряда в твердых растворах  $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$  // ФТП, 50(2016). М.: Наука, 2016, с. 1297-1302.
2. Алиев Ф. Ф., Юзбашов Э.Р., Эминова В.И., Пашаев Г.П., Агаева У.М., Зарбалиев М.М. Термоэлектрические свойства  $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$  ( $0 \leq x \leq 0,10$ ). // Известия НАНА. Серия техн.-и. Физика и астрономия. 2017. №2. с. 49-55.
3. Зарбалиев М.М. Твердые растворы замещения в системе  $TlInTe_2 - TlYbTe_2$  // Неорганические материалы. 35. (1999). М.: Наука, 1999, с. 560-564.
4. Зарбалиев М.М. Явления переноса заряда и тепла в системах.  $TlInS_2(Se_2, Te_2) - TlLnS_2(Se_2, Te_2)$ . Диссертация ...доктора физ.мат. наук. 2001, БГУ, 285 с.
5. Годжаев Э. М., Зарбалиев М.М., Рзаева К.М. и др. Получение четверных сплавов типа  $TlSe$  с редкоземельными элементами. // Журнал. Физ. химии. Т.49. М.: Наука, 1975, с.2458-2459.
6. Годжаев Э. М. Структура, электронные и тепловые свойства сложных полупроводников на основе  $SP$ - и  $4f$ - элементов. Диссертация ... докт. физ. мат. наук. Баку, ФНАН Азерб. ССР, 1985, с. 361.
7. Тейлор К., Дарби М. Физика редкоземельных соединений. М.: Мир, 1974, с.376.

## XÜLASƏ

### **$TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$ BƏRK MƏHLULLARI ƏSASINDA TERMOELEMENTLƏR** *Zərbəliyev M.M., İsmayılov M.H., Vəliyeva B.A.*

**Açar sözlər:** *termoelektrik hərəkət qüvvəsi, termoeffektivlik, termoelektrik keyfiyyətlik, halkogen*

Üçqat yarımkeçirici birləşmə  $TlInTe_2$  və nadir torpaq elementləri ilə dördqat bərk məhlulların alınması müzakirə olunmuşdur. Elektrik keçiriciliyi əmsalının temperatur asılılığı, termoelektrik hərəkət qüvvəsi istilikkeçiriciliyi əsasında bərk məhlullarda  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$  termoelektrik keyfiyyətlik hesablanmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, tərkibcə serium atomlarının nisbi sayının artması termoelektrik effektivliyinin artmasına gətirir. Verilmiş materiallarda termoeffektivlik  $TlInTe_2$  ilə müqayisədə əsasən fonon və dəşiklərin defektlərlə şərtlənməsi ilə müəyyən olunur.  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$  bərk məhlullarının monokristalları əsasında termoelementlər üçün aparılmış hesabatlar verilmişdir.

## SUMMARY

### **THERMOELEMENTS BASED ON THE SOLID SOLUTION $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$** *Zərbəliyev M.M., İsmayılov M.G., Vəliyeva B.A.*

**Key words:** *thermoelectric power, thermal efficiency, thermoelectric figure of merit, chalcogen*

Thermoelectric figure of merit  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$  was calculated on the basis of temperature dependence of electrical conductivity coefficient and thermopower heat conductivity. It has been determined that increase in the relative number of cerium atoms causes increase in thermal efficiency. Calculations conducted for thermoelements based on monocrystals of solid solution  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$  are given.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	09.04.2018
	Son variant	25.06.2018

UOT 517.10

**BİR İRRASİONAL TƏNLIYİN MÜXTƏLİF ÜSULLARLA HƏLLİ****AĞAYAROV MƏTLƏB HÜSEYNQULU oğlu***Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent**AMISUM-ALAVA@mail.ru*

**Açar sözlər:** *irrasional tənlik, Koşi bərabərsizliyi, Koşi-Bunyakovski bərabərsizliyi, artan funksiya, azalan funksiya.*

*Məlumdur ki, kvadrat kök daxil olan irrasional tənlikləri həll etmək üçün müxtəlif üsullardan istifadə olunur. İrrasional tənliklərin həllində əksər hallarda kvadrata yüksəltmə əməlinəndən istifadə olunur. Lakin elə irrasional tənlik var ki, onu söylədiyimiz üsulla həll etmək mümkün olmur. Oxucuya təqdim olunan məqalədə bir irrasional tənliyin həlli üçün daha səmərəli üsullar verilmişdir.*

XX əsrdə yaşamış ingilis riyaziyyatçısı və pedaqoqu U.U.Soyer yazırdı: “Cəbri öyrənən insan üçün eyni bir məsələni müxtəlif üsullarla həll etmək daha faydalıdır, nəinki üç-dörd fərqli məsələni həll etmək. Eyni bir məsələni müxtəlif üsullarla həll etdikdə müqayisə yolu ilə hansı üsulun daha qısa və səmərəli olduğunu aydınlaşdırmaq olar. Qeyd edilən təcrübəni təkmilləşdirir”.

Şagirdin müxtəlif həll üsullarını nəzərdən keçirməsi, onlardan ən səmərəli üsulunu seçməsi onda düşünmək, müzakirə etmək, düzgün qərar çıxarmaq kimi vərdişlər aşılayır.

Bir məsələnin müxtəlif üsullarla həlli şagirdə öz riyazi bilik ehtiyatlarını tətbiq etmək imkanı verir.

Beləliklə, məsələnin müxtəlif üsullarla həlli şagirdlərdə təfəkkür çevikliyinin formalaşmasını tərbiyə edir.

Aşağıdakı tənliyi həll edək.

**Misal.**  $\sqrt{x^2 - x - 1} + \sqrt{1 - x - x^2} = x^2 + x + 2$  tənliyini həll edin.

Bu tənliyin müxtəlif üsullarla həllinə baxaq.

**1-ci üsul.** Tənliyin təyin oblastını tapaq. İstənilən  $x$  üçün  $x^2 + x + 2 > 0$  olduğundan  $x^2 - x - 1 \geq 0$  və  $1 - x - x^2 \geq 0$  olmalıdır. Onda Koşi bərabərsizliyinə görə?

$$\sqrt{x^2 - x - 1} = \sqrt{(x^2 - x - 1) \cdot 1} \leq \frac{(x^2 - x - 1) + 1}{2} = \frac{x^2 - x}{2},$$

$$\sqrt{1 - x - x^2} = \sqrt{(1 - x - x^2) \cdot 1} \leq \frac{(1 - x - x^2) + 1}{2} = \frac{2 - x - x^2}{2}.$$

Deməli,  $\frac{x^2 - x}{2} + \frac{2 - x - x^2}{2} = 1 - x$  olduğundan tənliyin sol tərəfi  $(1 - x)$ -i aşmır. Ona görə də  $x^2 + x + 2 \leq 1 - x$  və ya  $(x + 1)^2 \leq 0$ . Buradan isə aşkardır ki,  $x = -1$  olur.

**2-ci üsul.** Koşi-Bunyakovski bərabərsizliyinin tətbiqi ilə də bu tənliyi həll etmək olar. Bu bərabərsizlik xüsusi halda

$$a_1 a_2 + b_1 b_2 \leq \sqrt{a_1^2 + b_1^2} \cdot \sqrt{a_2^2 + b_2^2}$$

şəklindədir. Onda

$$\begin{aligned} 1 \cdot \sqrt{x^2 - x - 1} + 1 \cdot \sqrt{1 - x - x^2} &\leq \sqrt{1^2 + 1^2} \cdot \sqrt{x^2 - x - 1 + 1 - x - x^2} = \\ &= \sqrt{2} \cdot \sqrt{-2x} = 2\sqrt{-x}. \end{aligned}$$

Deməli,  $x < 0$ .

Fərz edək ki,  $(1; 1)$  və  $(\sqrt{x^2 - x - 1}; \sqrt{1 - x - x^2})$  vektorları kollineardır, onda kollinearlıq şərtinə əsasən

$$\frac{1}{\sqrt{x^2 - x - 1}} = \frac{1}{\sqrt{1 - x - x^2}}$$

və ya

$$x^2 - x - 1 = 1 - x - x^2$$

alırıq. Buradan isə  $x^2 = 1, x = \pm 1$ .  $x < 0$  olduğundan  $x = -1$  alırıq.

**3-cü üsul.**  $x^2 + x + 2$  kvadrat üçhədlisinin diskriminantı

$D = b^2 - 4ac = 1^2 - 4 \cdot 1 \cdot 1 = -3 < 0$  və  $a = 1 > 0$  olduğundan, istənilən  $x \in R$  üçün  $x^2 + x + 2 > 0$ . Onda tənliyin təyin oblası

$$\begin{cases} x^2 - x - 1 \geq 0, \\ 1 - x - x^2 \geq 0 \end{cases}$$

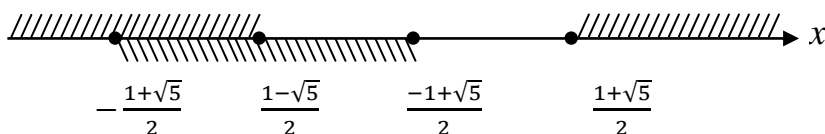
bərabərsizliklər sistemi ilə eynigüclüdür. Bu sistemi həll etsək,

$$\begin{cases} x^2 - x - 1 \geq 0, \\ 1 - x - x^2 \geq 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \left(x - \frac{1}{2}\right)^2 \geq \frac{5}{4}, \\ \left(x + \frac{1}{2}\right)^2 \leq \frac{5}{4}, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \left|x - \frac{1}{2}\right| \geq \frac{\sqrt{5}}{2}, \\ \left|x + \frac{1}{2}\right| \leq \frac{\sqrt{5}}{2} \end{cases}$$

alırıq. Aşkardır ki, axırıncı sistemin birinci bərabərsizliyinin həlli

$(-\infty; \frac{1-\sqrt{5}}{2}] \cup [\frac{1+\sqrt{5}}{2}; +\infty)$  çoxluğu, ikinci bərabərsizliyinin həlli isə  $[-\frac{1+\sqrt{5}}{2}; \frac{-1+\sqrt{5}}{2}]$  çoxluğudur.

Bu çoxluqları ədəd oxu üzərində qeyd edək.



Asanlıqla yoxlamaq olar ki, tənliyin sol tərəfi  $[-\frac{1+\sqrt{5}}{2}; \frac{1-\sqrt{5}}{2}]$  parçasında artan, sağ tərəfi isə azalan funksiyadır. Ona görə də verilmiş tənliyin ən çoxu bir kökü ola bilər. Onda əmin ola bilərik ki,  $x = -1$  verilmiş tənliyin yeganə köküdür.

**4-cü üsul.** Üçüncü üsulla həll prosesində göstərdik ki, tənliyin təyin oblası  $[-\frac{1+\sqrt{5}}{2}; \frac{1-\sqrt{5}}{2}]$  parçasıdır.

$u = x^2 - x - 1, v = 1 - x - x^2$  və  $\sqrt{t} = x^2 + x + 2$  əvəzləməsini aparsaq, verilən tənlik  $\sqrt{u} + \sqrt{v} = \sqrt{t}$  şəklinə düşər. Alınan tənliyin hər iki tərəfini kvadrata yüksəldib, müəyyən çevirmələr aparmaqla alırıq:

$$\begin{aligned} (x^2 - x - 1) + (1 - x - x^2) + 2\sqrt{uv} &= x^2 + x + 2, \\ 2\sqrt{uv} &= x^2 + 3x + 2, \quad 2\sqrt{uv} = (x + 1)(x + 2). \end{aligned}$$

$uv \geq 0$  olduğundan axırıncı bərabərlik yalnız  $(x + 1)(x + 2) = 0$  olduqda mümkündür. Buradan isə  $x = -1$  və ya  $x = 2$  alınır.  $x = 2$  kökü tənliyin təyin oblastına daxil olmadığından tənliyin yeganə kökü  $x = -1$  olar.

## ƏDƏBİYYAT

1. Бартнев Ф.А. Нестандартные задачи по алгебре. М.: Просвещение, 1976, 96 с.
2. Лоповок Л.М. 1000 проблемных задач по математике. М.: Просвещение, 1995, 239 с.
3. Шустер Ф.М. и др. Сборник олимпиадных задач по математике. Минск: Вассамедиа, 2002, 96 с.



**РЕЗЮМЕ**  
**РЕШЕНИЕ ОДНОГО ИРРАЦИОНАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ**  
*Агаяров М.Г.*

**Ключевые слова:** *иррациональное уравнение, возрастающая функция, убывающая функция, неравенство Коши, неравенство Коши-Буняковского.*

Известно, что для решения иррациональных уравнений, включенных в квадратный корень, используются разные способы. В решении иррациональных уравнений часто используется возведение в квадрат. Но есть иррациональное уравнение, которое невозможно решить. В статье, представленной читателю, предлагаются более эффективные способы решения иррационального уравнения.

**SUMMARY**  
**SOLUTION OF ONE IRRATIONAL EQUATION WITH DIFFERENT WAYS**  
*Aghayarov M.H.*

**Key words:** *irrational equation, the Cauchy inequality, the Cauchy-Bunyakovsky inequality, increasing function, decreasing function.*

It is known that different methods are used to solve the irrational equations included in the square root. The solution of irrational equations often uses squaring. But there is an irrational equation that can not be solved, as we say. In the article, more effective ways of solving the irrational equation are presented.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	06.02.2018
	Son variant	25.06.2018

UOT 519.8

## İSTİLİK SELİNİN TƏSİRİNDƏN LÖVHƏNİN KÖVRƏK DAĞILMASININ TƏDQIQI

<sup>1</sup>SAYILOV NUHBALA SƏFƏR oğlu

*Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent*

[ulaliyeva\\_71@mail.ru](mailto:ulaliyeva_71@mail.ru)

*Açar sözlər:* kövrək lövhə, çatlar, istilik seli, kompleks potensiallar, kövrək dağılma, potensial funksiya

Məlumdur ki, cisimlərin kövrək dağılması, bir qayda olaraq, bu cisimlərin səthində mövcud olan itiuclu səth çatlarının ətrafından başlayır [1,2]. Müxtəlif konfigurasiyalı deşiklərin konturundan çıxan itiuclu səth çatın uc nöqtəsində, temperatur və qüvvə faktorlarının təsirindən çox böyük gərginliklər yaranır ki, bu da kövrək cisimlərin dağılmasına səbəb olur.

Baxılan işdə, əyrixətli sahə hamar konturdan çıxan itiuclu səth çatları ilə zəiflədilmiş kövrək lövhəyə, bircinsli istilik seli təsir etdikdə lövhənin kövrək dağılması tədqiq olunur.

Tənliyi

$$\left. \begin{aligned} x &= R[\cos\varphi + \sum_{n=1}^N d_n \cos(n-1)\varphi], \\ y &= R[\sin\varphi - \sum_{n=1}^N d_n \sin(n-1)\varphi] \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

olan, sadə hamar əyri konturundan çıxan və  $k$  sayda simmetrik düzxətli və  $\ell$  uzunluqlu çatlarla zəiflədilmiş kövrək lövhəyə baxaq ( $d_n, R$  - həqiqi parametrlərdir,  $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ ). Fərz edək ki, lövhəyə sonsuz uzaqlaşmış nöqtələrində intensivliyi  $q$  olan  $OX$  oxuna  $\alpha$  bucağı altında yönələn istilik seli təsir edir və temperaturun paylanma qanunu

$$t_\infty = Q(x \cos \alpha + y \sin \alpha) + t_0(x, y) \quad (2)$$

funksiyasına uyğun gəlir. Burada  $Q = \frac{q}{\lambda_t}$ ;  $\lambda_t$  - istilikkeçirmə əmsalı,  $t_0(x, y)$  - bütöv lövhədə

(defektsiz) temperaturun paylanması qanunu, deşiyin konturu və çatlar xarici qüvvələrdən və istilik selindən izolə edilmişdir.

$Z$  müstəvisində (1) konturundan çıxan  $k$  sayda simmetrik çatlarla zəiflədilmiş lövhənin xaricini,  $\zeta$  müstəvisində vahid radiuslu çevrənin xaricinə inikasetdirici funksiya, irrasional və mürəkkəb strukturlu funksiya [1,3,4]. Əgər çatın uzunluğu  $\ell$ , (1) konturunun  $R$  xarakteristik ölçüsündən çox kiçik olarsa, inikasetdirici funksiyanı aşağıdakı kimi göstərə bilərik [1,2,3]:

$$Z = \omega_N(\zeta) = R\left(\zeta + \sum_{n=1}^N f_n \zeta^{1-kn}\right) \quad (3)$$

burada

$$f_n = d_n + \varepsilon c_n; \quad \varepsilon = (\ell/R)^2; \quad c_n = v_n + i\mu_n; \quad \delta = \left(\frac{\ell}{R}\right).$$

Beləliklə,  $\omega'_N(\zeta) = R(1 - \zeta^{-k}) \cdot P_N(\zeta)$  şərti ödənilir,  $P_N(\zeta)$  isə  $\zeta$  -nin mənfi dərəcələrinə görə çoxhədlidir və bütün sıfırları  $\zeta$  müstəvisində vahid radiuslu dairənin daxilində yerləşir.

Onda  $\zeta = \rho e^{i\theta}$  müstəvisində temperaturun paylanma funksiyası

$$t(\zeta, \bar{\zeta}) = \frac{QR}{2} [e^{i\alpha} \cdot (\bar{\zeta} + \frac{1}{\zeta}) + e^{-i\alpha} \cdot (\zeta + \frac{1}{\bar{\zeta}})] \quad (4)$$

kimi ifadə olunur.

Gərkinliklərin kompleks potensiallarını isə (4) temperaturun paylanması funksiyasına uyğun olaraq yazma bilirik [1,2,3].

$$\varphi(\zeta) = A \log \zeta + \varphi_0(\zeta), \quad \psi(\zeta) = \bar{A} \log \zeta + \psi_0(\zeta) \quad (5)$$

Burada  $A = \frac{1}{4} E \alpha_t QR^2 (e^{i\alpha} - c_1 e^{-i\alpha})$ ,  $E$  - elastiklik modulu,  $\alpha_t$  - temperaturun xətti genişlənmə əmsalı,  $c_1$  - (3) sırasının əmsalı,  $\varphi_0(\zeta)$  və  $\psi_0(\zeta)$  funksiyaları isə  $|\zeta| > 1$  oblastında analitik funksiyalardır. Məsələnin sərhəd şərtlərinə əsasən müstəvi elastiklik nəzəriyyəsinə məlumdur ki,  $\varphi_0(\zeta)$  və  $\psi_0(\zeta)$  analitik funksiyaları aşağıdakı münasibətləri ödəyər [1,2]:

$$\varphi_0(\sigma) + \frac{\omega(\sigma)}{\omega'(\sigma)} \overline{\varphi_0'(\sigma)} + \overline{\psi_0(\sigma)} = \frac{\omega(\sigma)}{\omega'(\sigma)} \bar{\sigma} \bar{A} \quad (6)$$

$$\overline{\varphi_0(\sigma)} + \frac{\overline{\omega(\sigma)}}{\omega'(\sigma)} \varphi_0(\sigma) + \psi_0(\sigma) = -\frac{\omega(\sigma)}{\sigma \omega'(\sigma)} A \quad (7)$$

Baxılan məsələdə  $\varphi_0(\zeta)$  və  $\psi_0(\zeta)$  funksiyalarını aşağıdakı kimi yazmaq olar [1,2]:

$$\varphi_0(\zeta) = R_k \cdot \sum_{n=1}^{kN} a_n \cdot \zeta^{1-n}, \quad \psi_0(\zeta) = R_k \cdot \sum_{n=1}^{kN} a'_n \cdot \zeta^{1-n} \quad (8)$$

Burada  $a_n = \alpha_n + i\beta_n$ ;  $a'_n = \alpha'_n + i\beta'_n$ .

(7) şərhəd şərtini aşağıdakı kimi yazmaq:

$$-\varphi_0(\sigma) \omega'_N(\sigma) = \bar{\varphi}_0(\sigma^{-1}) \omega'_N(\sigma) + \bar{\omega}_N(\sigma^{-1}) \varphi_0(\sigma) + A \sigma^{-1} \bar{\omega}_N(\sigma^{-1}) \quad (9)$$

Burada (3), (4) və (8) ifadələrini nəzərə alıb eyni dərəcəli  $\sigma$ -ların əmsallarını müqayisə etsək, aşağıdakı xətti cəbri tənliklər sistemini alırıq:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_p + \varepsilon \left[ \sum_{n=1}^{kN-p} (1-n)(\alpha_{n+p} c_n + \alpha_n c_{n+p}) + c_{p+1} B \right] &= 0 \\ \beta_p - \varepsilon \left[ \sum_{n=1}^{kN-p} (1-n)(\beta_n c_{n+p} - \beta_{n+p} c_n) + c_{p+1} D \right] &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Burada  $B = \frac{1}{4} \alpha_t E QR^2 (1 - c_2) \cos \alpha$ ;  $D = \frac{1}{4} \alpha_t E QR^2 (1 + c_2) \sin \alpha$ .

(10) tənliklər sistemi requlyar xətti cəbri tənliklər sistemi olduğu üçün ardıcıl yaxınlaşma üsulundan istifadə edərək,  $\alpha_p$  və  $\beta_p$  əmsallarını tapırıq [3,4].

Birinci yaxınlaşmanı  $\alpha_p^{(1)} = 0$ ;  $\beta_p^{(1)} = 0$  qəbul edək. Onda ikinci yaxınlaşma  $\alpha_p^{(2)} = -\alpha_{p+1} B$ ;  $\beta_p^{(2)} = \alpha_{p+1} D$  olar.

Nəhayət, bu qaydanı davam etdirsək,  $\nu$ -cü yaxınlaşmanı aşağıdakı kimi yazarıq:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_p^{(\nu)} &= -B \left( \sum_{n=1}^{\nu-2} \varepsilon C_{p+(1n+1)} + d_{p+1} \right) \\ \beta_p^{(\nu)} &= D \left( \sum_{n=1}^{\nu-2} \varepsilon C_{p+(2n+1)} + d_{p+1} \right) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

(11) qiymətlərini  $\varphi(\zeta)$  kompleks potensialının ifadəsində nəzərə alsaq və  $\nu \rightarrow \infty$ ,  $N \rightarrow \infty$  şərtində limitə keçsək, çatların uc nöqtələri ətrafında  $\varphi(\zeta)$  potensial funksiyası üçün aşağıdakı düsturu alarıq:

$$\varphi(\zeta) = A \log \zeta - \bar{A} \left\{ \frac{\zeta \omega(\zeta)}{R_k} - \zeta^2 - (2-k)c_1 \zeta + \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \left( \frac{\omega(\zeta)}{R_k} - \zeta - \frac{1}{\zeta} \right) \zeta^{1+2n} - \sum_{n=1}^{2(n+1)-k} c_k \zeta^{(1+2n)} \right] \right\} \quad (12)$$

Çatların uc nöqtələri ətrafında temperatur təsirindən yaranan gərginliyin intensivliyinin  $K_{1,j}^T$ ;  $K_{2,j}^T$  əmsallarını aşağıdakı ifadə ilə əlaqələndirək [1,3,4]:

$$K_{1,j}^T - iK_{2,j}^T = 2 \frac{\varphi'(\zeta)}{\sqrt{\omega''(\zeta)}} \quad (13)$$

Kompleks potensialın (12) ifadəsini (13)-də nəzərə alsaq, çatların uc nöqtəsi ətrafında temperatur gərginliklərinin intensivlik əmsallarını aşağıdakı şəkildə yazı bilərik:

$$\left. \begin{aligned} K_{1,j}^T &= \frac{\alpha_t E Q R^{3/2}}{2\Delta} \frac{L_1 B_k^{-1}}{8\sqrt{2}} (d_2 - 1)(1 - L_2) \cos \alpha \cos \theta_j \\ K_{2,j}^T &= \frac{\alpha_t E Q R^{3/2}}{2\Delta} \frac{L_1 B_k^{-1}}{8\sqrt{2}} (d_2 + 1)(1 + L_2) \sin \alpha \cos \theta_j \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Burada

$$B_k = \sqrt{\frac{\Delta(1-\Delta^2)}{1-\Delta^2}}; L_1 = k[2(1-k)\Delta + (1+\Delta^2)]; L_2 = A_1 - C_1;$$

$$\Delta = (1+\delta)^{-1} \cdot A_1 = \frac{4(1+\Delta^2)}{L_1^2} - 2.$$

(14) analitik ifadələri istilik selinin  $Q_{kr}$  böhran qiymətini çatların forma və oriyentasiyasından asılı olaraq tapmağa imkan verir [3,4].

$$Q_{kr}^{(j)} = \frac{4K_c}{\sqrt{R}} B_k \cdot f_{j,T}^{-1}(\alpha, \beta_*^{(j)}, k, \delta) \quad (15)$$

Burada

$$f_{j,T}(\alpha, \beta_*^{(j)}, k, \delta) = [(d_2 - 1)(1 - L_2) - (d_2 + 1)(1 + L_2) \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta_*^{(j)}}{2}] \cdot \cos^3 \frac{\beta_*^{(j)}}{2} \cos \theta_j.$$

Alınmış analitik ifadə istilik selinin böhran qiymətini defektin həndəsi formasından və oriyentasiyasından asılı olaraq təyin etməyə imkan verir.

### ƏDƏBİYYAT

1. Каминский А.А. Хрупкое разрушение вблизи отверстий. Киев: Науково Думка, 1982.
2. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1973, 690 с.
3. Конторович Л.В., Крылов В.И. Приближенные методы высшего анализа. М.-Л.: Физматлит, 1962, 708 с.
4. Саилов Н.С. Термоупругое состояние пластины с поверхностными трещинами // SDU. Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki bölmə. Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti, №1, 2006.

### РЕЗЮМЕ

#### ХРУПКОЕ РАЗРУШЕНИЕ ПЛАСТИНЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА

*Саилов Н.С.*

**Ключевые слова:** хрупкая пластина, трещины, тепловой поток, комплексные потенциалы, хрупкое разрушение, потенциальная функция.

Исследуется разрушение пластины, содержащей термоизолированное отверстие более общего вида с трещинами на контуре, под действием однородного теплового потока. Получены аналитические формулы для критического значения теплового потока в зависимости от длины и ориентации трещины.

### SUMMARY

#### RESEARCH OF BRITTLE DESTRUCTION OF PLATES UNDER THE IMPACT OF THERMAL FLOW

*Sayilov N.S.*

**Key words:** brittle plate, cracks, heat flow, complex potentials, brittle destruction, potential function.

The destruction of a plate containing a thermally insulated hole of a more general type with cracks on the contour under the action of a uniform heat flux is investigated. Analytical formulas are obtained for the critical value of the heat flux as a function of the length and orientation of the crack.

Daхilolma tarixi:	İlkin variant	07.02.2018
	Son variant	25.06.2018

UOT 541.128.3

## MİSFERRİT KATALİZATORUNUN İŞTİRAKI İLƏ 2-METİLANİLİNİN ETANOLLA ALKİLLƏŞMƏSİNİN TƏDQIQI

<sup>1</sup>AĞAYEV ƏKBƏR ƏLİ OĞLU<sup>2</sup>MUSTAFAYEVA NAILƏ ABDULLA QIZI<sup>3</sup>QARAYEVA İRADƏ EYVAZ QIZI<sup>3</sup>MURADOV MAHAL MAİL OĞLU

Sumqayıt Dövlət Universiteti

1-professor, 2-baş müəllim, 3-dosent

[naila550@mail.ru](mailto:naila550@mail.ru)

**Açar sözlər:** 2-metilanilin, etanol, alkilləşmə, misferrit katalizatoru, N-etil-2-metilanilin, 2-etil-6-metilanilin, selektivlik.

Misferrit katalizatorunun ( $CuFe_2O_4 \cdot \gamma-Al_2O_3$ ) iştirakı ilə 2-metilanilinin etanolla alkilləşmə reaksiyasına katalizatoradakı fəal kütlənin ( $CuFe_2O_4$ ) qatılığının (15.0-30.0% kütlə) təsiri öyrənilmiş və seçilmiş katalizatorun iştirakı ilə 2-metilanilinin N- və orto-etil törəmələrinin selektiv sintezi həyata keçirilmişdir.

Anilin və toluidinin etil törəmələri qiymətli yarımməhsullar olub, əsasən müvafiq aromatik aminlərin etanolla alkilləşmə reaksiyası ilə alınır. Lakin bu sahədə aparılmış elmi tədqiqatların sayı çox məhdud olub, əsasən aromatik aminlərin metil homoloqlarının sintezinə həsr olunmuşdur (1-3).

Məqalədə misferrit katalizatorunun iştirakı ilə 2-metilanilinin etanolla qarşılıqlı təsirindən o-toluidinin etil homoloqlarının alınmasının nəticələri verilmişdir.

Təcrübələr katalitik həcmi  $10 \text{ sm}^3$  olan axan növlü reaktorda aparılmışdır. Katalizator kimi misferrit sistemindən istifadə olunmuşdur. Onun sintezi  $\gamma-Al_2O_3$  üzərinə mis (II) və dəmir (III) nitratlar məhlulunun birgə hopdurulub sonradan qurudulması və közərdilməsi ardıcılığı ilə həyata keçirilmişdir. Bu zaman misin dəmirə olan atom nisbəti 3:7 saxlanılmış və katalizatorun 3 nümunəsi sintez edilmişdir. Nümunələrdə  $CuFe_2O_4$ -in qatılığı uyğun olaraq (kütlə % ilə) 15 (A), 20 (B) və 30 (C) olmuşdur.

Alınan qaz və maye məhsulların analizi xromatoqrafik yolla Xrom-5 cihazında aparılmışdır. Maye xromatoqrafik faza kimi Apiezon M götürülmüş və o 12 kütlə % miqdarında xromoton H üzərinə hopdurulmuşdur. Cihazda alovlu-ionlaşma detektorundan istifadə olunmuşdur. Analiz proqramlaşdırılmış temperatur həddündə ( $80-180^\circ\text{C}$ )  $8^\circ\text{C/dəq}$  sürətlə artırılma yolu ilə aparılmışdır. Nisbi xəta 3.0% təşkil edir.

Əvvəlcə misferrit katalizatorunun hər üç nümunəsinin aromatik aminin etanolla alkilləşmə reaksiyasındakı katalitik aktivliyi tədqiq edilmişdir. 1-ci cədvəldən görüldüyü kimi, reaksiyanın əsas məhsulları N-etil-2-metilanilin, N, N-dietil-2-metilanilin və 2-etil-6-metilanilindir. Fəal kütlənin aşağı qatılıqlarında misferrit katalizatoru daha yüksək aktivlik nümayiş etdirsə də, bu və ya digər məhsullara görə selektivliyi çox olmur. Digər nümunələrdən (B, C) fərqli olaraq,  $320^\circ\text{C}$ -də N-etil-2-metilanilinə görə selektivlik 8.0-14.0% aşağı təşkil edir. Ümumiyyətlə, temperaturun hər üç qiymətində fəal kütlənin ( $CuFe_2O_4$ ) katalizatordakı qatılığının 15%-dən 30%-ə qaldırılması bu məhsula görə selektivliyin artmasına səbəb olur. Nəticələrdən görüldüyü kimi, katalizatorun B nümunəsində bu göstərici 15.0%, C nəticəsində isə 4.0% artır.

2-metilanilinin etanolla qarşılıqlı təsirindən alınan N, N-dietil-2-metilanilinin çıxımı metanol olan halda alınan N, N-2-trimetilfenolun analoji göstərici ilə müqayisədə azdır. Belə fikir yaranır ki, etanol olan halda aromatik amində azot atomuna görə ardıcıl etilləşmənin katalitik prosesdəki payı metilləşmə ilə müqayisədə aşağıdır. Bu da katalizatorun xassələri, reaksiya şəraiti və alınan məhsulların quruluşları ilə izah edilə bilər.

Cədvəl 1

$CuFe_2O_4 \cdot \gamma Al_2O_3$  katalizatoru iştiraki ilə 2-metilanilinin etanolla alkiləşməsinin nəticələri  
Reaksiyanın şəraiti:  $v=1.0 \text{ st}^{-1}$ ,  $\nu=1:4 \text{ mol/mol}$

Adı	Katalizator									
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	C
Reaksiyanın temperaturu, $^{\circ}C$	320	320	320	350	350	350	380	380	380	380
Çevrilmiş 2-metilaniline görə hesablanmış reaksiya məhsullarının çıxımı, % o cümlədən:	96.0	93.0	92.0	99.5	99.0	99.0	100	100	100	100
N-etil-2-metilanilin	80.5	88.0	94.0	55.0	65.0	70.0	20.0	22.0	24.0	24.0
N-, N-dietil-2-metilanilin	11.0	7.0	4.0	18.5	20.0	20.0	8.0	7.0	6.0	6.0
2-etil-6-metilanilin	7.5	4.0	1.0	20.0	12.5	8.0	59.2	58.0	57.0	57.0
2.4-dietil-6-metilanilin	1.0	-	-	3.5	2.0	1.5	10.0	11.0	9.5	9.5
digər metil-, etilanilinlər	-	-	-	1.5	-	-	2.5	2.0	2.0	2.0

Cədvəl 2

$CuFe_2O_4 \cdot \gamma Al_2O_3$  katalizatoru iştiraki ilə 2-metilanilinin etanolla alkiləşməsinin nəticələri  
Reaksiyanın şəraiti:  $v=1.0 \text{ st}^{-1}$ ,  $\nu=1:4 \text{ mol/mol}$

T $^{\circ}C$	Reaksiyanın şəraiti		2-metilanilinin konversiyası, %	Çevrilmiş 2-metilaniline görə hesablanmış reaksiya məhsullarının çıxımı					
	$v, \text{ st}^{-1}$	$\nu=\text{mol/mol}$		N-etil-2-metilanilin	N-, N-dietil-2-metilanilin	2-etil-6-metilanilin	2-metil-4-etilanilin	digər etilanilinlər	metil-
320	1.0	1:4	92.0	94.0	4.0	1.0	-	-	-
350	1.0	1:4	99.0	70.0	20.0	8.0	1.5	-	-
380	1.0	1:4	100.0	24.0	6.0	57.0	9.5	2.0	-
320	0.5	1:4	98.0	88.8	6.2	3.0	1.0	-	-
320	1.5	1:4	85.0	96.0	2.6	0.5	-	-	-
380	0.5	1:4	100.0	15.0	4.5	65.5	10.5	4.2	-
380	1.5	1:4	100.0	26.0	5.0	59.0	8.0	1.5	-
320	1.0	1:2	82.0	88.6	3.0	6.5	1.0	-	-
320	1.0	1:6	100.0	92.6	4.5	2.5	-	-	-
380	1.0	1:2	86.0	22.0	3.0	59.0	12.5	1.5	-

Şpinel quruluşlu ferritlərin katalizatoradakı payının artması əmələ gələn qarışıq mərkəzlərin turşu əsaslı xassələrinə bilavasitə təsir etməklə yanaşı, katalitik prosədə baş verən çevrilmələrin mahiyyətini də dəyişdirir.

Buna əyani misal olaraq, temperaturun artması ilə katalitik prosədə baş verən çevrilmələrin rəqabətinin çoxalmasını göstərmək olur. Daha dəqiq desək, temperaturun artımı bütün hallarda aromatik amindəki azot atomuna görə alkülləşməni azaltmaqla, nüvədəki karbon atomuna görə etilləşmənin sürətini və ya birinci istiqamət üzrə alınan N-etil-2-metilanilinin etiltoluidinlərə izomerləşməsini artırır. 2-ci cədvəldən görüldüyü kimi, 320<sup>0</sup>C temperaturla müqayisədə N-etil-2-metilanilinin 350<sup>0</sup>C-də alınma selektivliyi 23.0-25.5%, 380<sup>0</sup>C-də əmələgəlmə selektivliyi isə 60.5-70.0% azalır. Bu azalma 320<sup>0</sup>C ilə müqayisədə 2-etil-6-metilanilinin selektivliyini 350<sup>0</sup>C temperaturda 7.0-12.5%, 380<sup>0</sup>C-də isə katalizatorun nümunələrindən asılı olaraq 51.2-56.0% artırır.

Əmələ gələn 2-metilanilinin digər etil törəmələrinə görə selektivliklər müqayisə edilərsə, analogi dəyişməni müşahidə etmək olar. 2-ci cədvəldə misferrit katalizatorunun (C nümunəsi) iştirakı ilə 2-metilanilinin etanolla alkülləşmə reaksiyasına müxtəlif giriş parametrlərinin təsirlərinin nəticələri verilmişdir. Onların təhlilindən görünür ki, alkülləşmə reaksiyasında əsasən amindəki azot atomuna görə etilləşdirməyə meyli daha çox olan C nümunəsinin katalitik xassələri reaksiya şəraitinin təsirindən şaxələnir.

Xammalın xüsusi yüklənməsi başlanğıc, aralıq və reaksiya məhsullarının katalizatorla kontakt vaxtına bilavasitə təsir etdiyindən onun aşağı salınması kontakt vaxtını artırır. Nəticədə, tədqiq edilən temperaturlarda əmələ gələn N-etil-2-metilanilinin izomerləşməsi artır və reaksiya məhsullarında etiltoluidinlərin qatılığı da çoxalır. Belə ki, həcmi sürətin 1.0 st<sup>-1</sup>-dən 0.5st<sup>-1</sup>-ə azaldılması 320<sup>0</sup>C temperaturda etiltoluidinlərə görə ümumi selektivliyi 1.0%-dən 9.2%-ə, 380<sup>0</sup>C temperaturda isə 66.5%-dən 75.5%-ə qaldırır. Xüsusi yükləmənin azaldılması istənilməyən halın da ortaya çıxmasına, yəni alınan alkilatların tərkibinin mürəkkəbləşməsinə və fərdi komponentlərə ayrılma texnologiyasının da çətinləşməsinə gətirib çıxarır.

Xüsusi yükləmənin 1.0 st<sup>-1</sup>-dən 1.5 st<sup>-1</sup>-ə qaldırılması bu kənar maddələrin qatılığını xeyli azaltsa da, 2-metilanilinin birdəfəlik konversiyasına da mənfi təsir edir. Nəticədə, əmələ gələn N-etil-2-metilanilinin 2-etil-6-metilanilinə olan mol nisbətində, 320<sup>0</sup>C temperatur istisna olmaqla böyük təsir göstərmir. 2-metilanilinin etanola olan mol nisbətini dəyişdikdə 320<sup>0</sup>C-də alınan nəticələr arasında da böyük fərq olmur. 2-ci cədvəldə verilmiş nəticələrin müqayisəsində bunun əyani şahidi ola bilərik. Belə ki, 320<sup>0</sup>C temperaturda reaksiyaya məruz qalmış xammaldan (ν=1:4 mol/mol) alınan N-etil-2-metilanilinin və 2-etil-6-metilanilinin selektivliyi ν=1:6 mol/mol olan xammalın çevrilməsi zamanı alınan bu məhsulların selektivliklərindən cəmi 1.4-1.5% fərqlənir. Xammalda etanolun parsial təzyiqinin iki dəfə çox olması isə əksər hallarda başlanğıc aminin konversiyasının azalması və alınan alkilatların tərkibinin dəyişməsi ilə müşayiət olunur. Nəticədə, alkilatlarda etiltoluidinlərin qatılığı artır və reaksiyanın çevrilmiş 2-metilanilinə görə hesablanmış bu məhsullara görə çıxımı 380<sup>0</sup>C-də 71.5% təşkil edir.

Aparılmış tədqiqatlar göstərmişdir ki, misferrit katalizatoru 2-metilanilinin etanolla alkülləşmə reaksiyasında kifayət qədər aktivlik və selektivlik nümayiş etdirir. Reaksiya şəraitini və istifadə olunan katalizatorun tərkibini dəyişməklə, N-etil-2-metilanilini və ya 2-etil-6-metilanilini, həmçinin hər iki məhsulun qarışığını yüksək çıxım və selektivliklə sintez etmək mümkündür.



## ƏDƏBİYYAT

1. Анилин, его производство и потребление // Eur. Chem. News, 2004, v.80, № 2089, p.16.
2. Агаев А.А., Мустафаева Н.А., Расулов С.Р. Каталитическое взаимодействие 2-метиланилина метанолом // Нефтепереработка и нефтехимия. М.: 2013, № 3, с. 20-21.
3. Zheng Hai Tao Каталитический синтез N-алкиланилинов на основе анилина и алифатических спиртов // Petrochem. Technol. 2004, 33, № 10, с. 701-704
4. Патент 2270187 Российская Федерация Способ получения N-метиланилина / Головарев В.А., Догадаев В.Н. опубл. в РЖХим. 06.14-19Н59 П.

## РЕЗЮМЕ

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ АЛКИЛИРОВАНИЯ 2-МЕТИЛАНИЛИНА ЭТАНОЛОМ В ПРИСУТСТВИИ МЕДФЕРРИТОВОГО КАТАЛИЗАТОРА

*Агаев А.А., Мустафаева Н.А., Гараева И.Э., Мурадов М.М.*

**Ключевые слова:** 2-метиланилин, этанол, алкилирование, медьфerrит, катализатор, N-этил-2-метиланилин, 2-этил-6-метиланилин, селективность.

Исследовано влияние концентрации (15.0-30.0 масс.%) активной массы ( $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ) медьфerrитового катализатора ( $\text{CuFe}_2\text{O}_4 \cdot \gamma \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) на показатели реакции алкилирования 2-метиланилина этанолом. Показано, что в присутствии выбранного катализатора удается селективно синтезировать N- и орто- этильные производные 2-метиланилина.

## SUMMARY

### INVESTIGATION OF ALKYLATION OF 2-METHYLANILINE WITH ETHANOL IN THE PRESENCE OF A COPPER FERRITE CATALYST

*Aghayev A.A., Mustafayeva N.A., Garayeva I.E., Muradov M.M.*

**Key words:** 2-methylaniline, ethanol, alkylation, copper ferrite, catalyst, N-ethyl-2-methylaniline, 2-ethyl-6-methylaniline, selectivity.

Influence of active mass ( $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ) concentration (15.0-30.0 mass%) to the reaction of alkylation of 2-methylaniline with ethanol via the participation of copper ferrite catalyst ( $\text{CuFe}_2\text{O}_4 \cdot \gamma \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) has been studied and selective synthesis of N- and ortho-ethyl reproduction of 2-methylaniline have been carried out.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	04.01.2018
	Son variant	25.06.2018

УДК 620.665.7.038

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНГИБИРУЮЩИХ СОСТАВОВ

<sup>2</sup>РЗАЕВА НИГЯР ШИКАР ГЫЗЫ<sup>1</sup>АББАСОВ ВАГИФ МАГЕРРАМ ОГЛУ<sup>2</sup>АХМЕДОВ ФАЗИЛ ИСЛАМ ОГЛУ

Институт нефтехимических процессов, НАНА,

1- академик, директор, 2- ведущий научный сотрудник

[nigar.rzayeva555@gmail.com](mailto:nigar.rzayeva555@gmail.com)

**Ключевые слова:** ингибиторы коррозии, аминные комплексы кислот соевого масла, удельное сопротивление, удельная электропроводность.

Синтезированы алкиламинные комплексы кислот соевого масла с алкиламинами  $C_1-C_9$ . Приготовлены их 20 %-ые растворы в изопропиловом спирте и в 70%-ом водном растворе изопропилового спирта. Изучены их физико-химические свойства, в том числе, удельное сопротивление, тангенс диэлектрической потери угла и рассчитана удельная электропроводность.

Одним из лучших способов защиты от коррозии является применение полифункциональных ингибиторов коррозии [1-3]. К физико-химическим свойствам ингибиторов коррозии предъявляются жесткие требования, поскольку эксплуатационные характеристики во многом определяются определенными свойствами (температурой застывания, растворимостью в воде и спиртово-водных растворах, полифункциональностью) [4-6]. Увеличение числа замещенных атомов водорода в аминной группе на углеводородный радикал сопровождается еще большей способностью потери амина, тормозящей процесс коррозии стали. Например, этиламин полностью подавляет коррозию стали при концентрации его в растворе равной 0.03 моль/л, диэтиленамин при концентрации 0.05 моль/л, а триэтиламин даже при содержании его в растворе 0.1 моль не подавляет полностью коррозионный процесс, а лишь на 80% снижает его скорость. Такая же закономерность наблюдается и для других аминов, в том числе имеющих изостроение. Например, защитная способность изобутиламина выше защитной способности диизо-бутиламина. Замена водорода метильной группы в алифатических аминах на вторую аминную группу или гидроксильную группу также сопровождается снижением защитных свойств.

Моноэтаноламин и этилендиамин менее эффективны, чем этиламин, диэтиламин значительно эффективнее диэтаноламина, а гексил амин – гексометилдиамина. При переходе от нормального к изостроению эффективность аминов алифатического ряда снижается, при этом снижение защитных свойств тем больше, чем ближе к группе  $NH_2$  находится разветвление. Наличие двойной связи в амине независимо от его состава и структуры ведет к заметному снижению защитной способности аминов. Например, бензиламин менее эффективен, чем циклогексиламин [7-8].

Нами синтезированы комплексы кислот соевого масла с различными алкиламинами  $C_1-C_9$ , а также приготовлены их 20%-ые, спиртовые и спиртово-водные растворы. В качестве спирта был использован изопропиловый спирт. Взят: 7 гр кислоты, выделенной из соевого масла (I), также аминные комплексы  $C_1-C_9$ , а в качестве растворителя использован изопропиловый спирт и его водный раствор.

Приготовлены композиции следующего состава (1-23):

1. (I) 0.025 моль + 2.875 гр (0.025 моль)  $C_7H_{15}NH_2$  гептил амин + 39.5 гр 70% водный р-р изопропилового спирта (20% р-р).
2. (I) 0.025 моль + 2.53 гр (0.025 моль)  $C_6H_{13}NH_2$  гексил амин + 47.65 гр 70% водный р-р изопропилового спирта (20% р-р).
3. (I) 0.025 моль + 3.23 гр (0.025 моль)  $C_8H_{17}NH_2$  октил амин + 40.92 гр 70% водный р-р изопропилового спирта (20% р-р).
4. (I) 0.025 моль + 3.58 гр (0.025 моль)  $C_9H_{19}NH_2$  нонил амин + 42.32 гр 70% водный р-р изопропилового спирта (20% р-р).
5. (I) 0.025 моль + 3.225 гр (0.025 моль)  $(C_4H_9)_2NH$  дибутил амин + 40.9 гр 70% водный р-р изопропилового спирта (20% р-р).
6. (I) 0.025 моль + 4.63 гр (0.025 моль)  $(C_6H_{13})_2NH$  дигексил амин + 46.52 гр 70% водный р-р изопропилового спирта (20% р-р).
7. (I) 0.025 моль + 5.975 гр (0.025 моль)  $(C_8H_{17})_2NH$  диоктил амин + 51.9 гр 70% водный р-р изопропилового спирта (20% р-р).
8. (I) 0.025 моль + 1.937 гр 40% водный р-р  $CH_3NH_2$  метил амин + 31.1 гр 70% водный р-р изопропилового спирта (20% р-р).
9. (I) 0.025 моль + 1.825 гр (0.025 моль)  $C_4H_9NH_2$  бутил амин + 35.3 гр 70% водный р-р изопропилового спирта (20% р-р).
10. (I) 0.025 моль + 2.175 гр (0.025 моль)  $C_5H_{11}NH_2$  пентил амин + 36.7 гр 70% водный р-р изопропилового спирта (20% р-р).
11. (I) 0.025 моль + 3.925 гр (0.025 моль)  $(C_5H_{11})_2NH$  дипентил амин + 43.7 гр 70% водный р-р изопропилового спирта (20% р-р).
12. (I) 0.025 моль + 2.35 гр (0.025 моль)  $C_5H_6N_2$  аминопиридин + 37.4 гр 70% водный р-р изопропилового спирта (20% р-р).
13. (I) 0.025 моль + 1.937 гр 40% водный р-р  $CH_3NH_2$  метил амин + 31.1 гр изопропиловый спирт (20% р-р).
14. (I) 0.025 моль + 1.825 гр (0.025 моль)  $C_4H_9NH_2$  бутил амин + 35.3 гр изопропилового спирта (20% р-р).
15. (I) 0.025 моль + 2.175 гр (0.025 моль)  $C_5H_{11}NH_2$  пентил амин + 36.7 гр изопропилового спирта (20% р-р).
16. (I) 0.025 моль + 3.925 гр (0.025 моль)  $(C_5H_{11})_2NH$  дипентил амин + 43.7 гр изопропилового спирта (20% р-р).
17. (I) 0.025 моль + 2.35 гр (0.025 моль)  $C_5H_6N_2$  аминопиридин + 37.4 гр изопропилового спирта (20% р-р).
18. (I) 0.025 моль + 1.61 гр (0.025 моль)  $C_2H_5NH_2$  этил амин + 32 гр изопропилового спирта (20% р-р).
19. (I) 0.025 моль + 1.475 гр (0.025 моль)  $C_3H_7NH_2$  пропил амин + 33.9 гр изопропилового спирта (20% р-р).
20. (I) 0.025 моль + 1.475 гр (0.025 моль)  $C_3H_7NH_2$  изопропил амин + 33.9 гр изопропилового спирта (20% р-р).
21. (I) 0.025 моль + 1.825 гр (0.025 моль)  $C_4H_9NH_2$  изобутил амин + 35.3 гр изопропилового спирта (20% р-р).
22. (I) 0.025 моль + 2.525 гр (0.025 моль)  $(C_3H_7)_2NH$  дипропил амин + 38.1 гр изопропилового спирта (20% р-р).
23. (I) 0.025 моль + 1.825 гр (0.025 моль)  $(C_2H_5)_2NH$  + 36.7 гр изопропилового спирта (20% р-р).

Были изучены: рН среды, коэффициент преломления, плотность, кинематическая вязкость при 20 °С и температура застывания (таблица 1).

Как видно из таблицы 1, рН растворов меняется в пределах 7-10.8,  $n_d^{20}$  в пределах 1.3801-1.3995, плотность в пределах 0.8328-0.9453 г/см<sup>3</sup>, а температура застывания от -25 до -60 °С. Измерена кинематическая вязкость составов при комнатной температуре, исследования которых показывают, что они достаточно подвижны. Изучены удельное

сопротивление, тангенс диэлектрической потери угла, диэлектрическая проницаемость и рассчитаны удельная электропроводность ингибирующих растворов, данные которых представлены в таблице 2.

Таблица 1.

## Физико-химические свойства ингибирующих составов.

№	pH	$n_d^{20}$	$\rho_4^{20}$ г/см <sup>3</sup>	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /сек, 20°C	T <sub>замерз.</sub> °C
1	9.3	1.3910	0.8856	7.4901	-35
2	9.4	1.3906	0.8863	7.3270	-35
3	9.3	1.3910	0.8847	7.4976	-40
4	8.9	1.3906	0.8848	7.5493	-30
5	9.2	1.3898	0.8852	7.1857	-40
6	8.8	1.3981	0.8788	9.1488	-45
7	10.1	1.3891	0.8820	8.7137	-20
8	10.7	1.3903	0.8935	7.5864	-40
9	9.9	1.3892	0.8967	7.3222	-40
10	9.7	1.3801	0.9453	10.216	-25
11	9.2	---	-----		-30
12	7.0	1.3947	0.8989	6.7999	-35
13	10.6	1.3943	0.8437	6.1369	-35
14	9.6	1.3943	0.8358	5.8954	-57
15	9.7	1.3987	0.8384	6.5135	-52
16	9.4	1.3954	0.8328	5.5449	-60 поверхн.подвиж
17	7.5	1.3995	0.8449	5.1583	-45
18	10.8	1.3956	0.8396	5.0456	-45
19	10.5	1.3951	0.8355	5.9006	<-60
20	10.5	1.3966	0.8370	6.2880	-50
21	9.9	1.3966	0.8357	5.9177	-60 поверхн.подвиж
22	9.8	1.3951	0.8341	5.7146	-60 не замерзает
23	10.0	1.3953	0.8346	5.7881	-58

Учитывая высокие физико-химические показатели, представляло интерес изучить их и диэлектрические свойства. Исследования были проведены с помощью прибора по следующей методике.

**Методика измерения электропроводности растворов.**

Электропроводность раствора определяется измерением активного сопротивления между погруженными в него электродами. Для измерения сопротивления используется постоянный ток, который вызывает разложение раствора. Источником тока обычно служат тераомметры марки Е 6-13 А.

Для определения сопротивления раствора (электролита) используется измерительная ячейка, состоящих из двух электродов, отделенных свободным пространством. В первую очередь, определяется расстояние между электродами (с помощью толщиномера), далее свободное пространство заполняется жидкостью, у которой нужно определить сопротивление, затем с помощью тераомметра измеряется сопротивление.

С помощью уравнения  $\rho = \pi r^2 / d$  вычисляется удельное сопротивление, где  $r$  - площадь измерительного электрода,  $d$  - расстояние между электродами,  $\rho$  - удельное сопротивление образца. Уравнением  $\chi = 1/\rho$  вычисляется удельная электропроводность образцов.

А диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь измеряются с помощью измерителя иммитанса марки Е7-20 в той же ячейке.

Установка для измерения электрофизических параметров представлена на схеме 1.

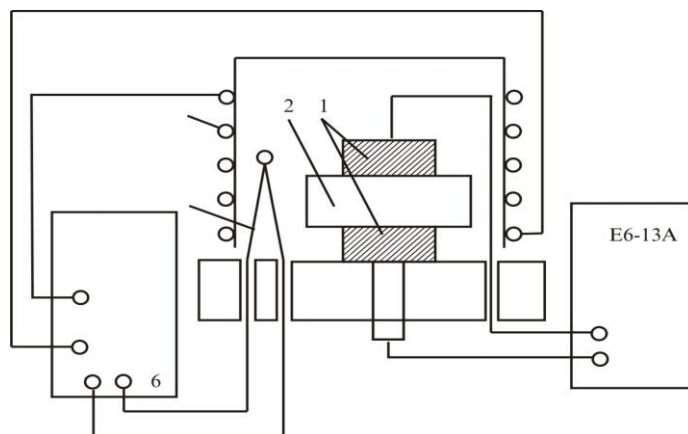


Схема установки для измерения электрофизических параметров ( $\rho_v$ ,  $\epsilon$ ,  $\text{tg}\delta$ ). 1-электроды, 2-образец, 3-термопара, 4-нагреватель, 5-тераомметр марки (Е6-13А), 6-измеритель температуры.

Таблица 2.

Электрофизические свойства приготовленных растворов

№	Удельное сопротивление $\rho$ , Ом·м	Диэлектрическая проницаемость, $\epsilon$	Тангенс угла диэлектрической потери, $\text{tg}\delta$	Удельная электропроводность, См/см
1	22.2	$2.6 \cdot 10^{-9}$	3.06	$4.5 \cdot 10^{-4}$
2	23	$1.7 \cdot 10^{-6}$	3.6	$4.3 \cdot 10^{-4}$
3	14.4	$3.6 \cdot 10^{-6}$	1.7	$6.9 \cdot 10^{-4}$
4	17	$3.8 \cdot 10^{-6}$	1.5	$5.8 \cdot 10^{-4}$
5	11	$3.4 \cdot 10^{-6}$	1.7	$9 \cdot 10^{-4}$
6	18.1	$1.8 \cdot 10^{-6}$	2.8	$5.5 \cdot 10^{-4}$
7	18.8	$2.1 \cdot 10^{-6}$	3.1	$5.3 \cdot 10^{-4}$
8	19.2	$2.3 \cdot 10^{-6}$	3.4	$5.2 \cdot 10^{-4}$
9	19.8	$2.6 \cdot 10^{-6}$	2.3	$5 \cdot 10^{-4}$
10	9.6	$3.7 \cdot 10^{-6}$	1.9	$1 \cdot 10^{-3}$
11	23	$2.7 \cdot 10^{-6}$	3.7	$4.3 \cdot 10^{-4}$
12	24.4	$2.8 \cdot 10^{-6}$	3.8	$4 \cdot 10^{-4}$
13	17.5	$4.1 \cdot 10^{-6}$	3.9	$5.7 \cdot 10^{-4}$
14	30	$3.9 \cdot 10^{-6}$	6.2	$3.3 \cdot 10^{-4}$
15	3.5	$2.84 \cdot 10^{-6}$	3.5	$2.8 \cdot 10^{-3}$
16	26.4	$3.1 \cdot 10^{-6}$	1.7	$3.8 \cdot 10^{-4}$
17	135.6	$6.3 \cdot 10^{-6}$	21.7	$7.4 \cdot 10^{-5}$
18	22.9	$4.2 \cdot 10^{-6}$	5.1	$4.4 \cdot 10^{-4}$
19	26	$3.7 \cdot 10^{-9}$	3.6	$3.8 \cdot 10^{-4}$
20	27.2	$3.8 \cdot 10^{-6}$	5.7	$3.7 \cdot 10^{-4}$
21	35	$3.8 \cdot 10^{-6}$	2.9	$2.8 \cdot 10^{-4}$
22	$3.9 \cdot 10^4$	$2.8 \cdot 10^{-6}$	3.4	$2.6 \cdot 10^{-7}$
23	8.4	$3.5 \cdot 10^{-6}$	0.77	$1.2 \cdot 10^{-3}$

Как видно из данных таблицы, удельное сопротивление растворов меняется в пределах 3.5-135.6 Ом·м, удельная электропроводность в пределе  $1 \cdot 10^{-3}$ - $7.3 \cdot 10^{-5}$  См/см. Это обусловлено относительной молекулярной массой алкиламинов.

В результате проведенных исследований было установлено, что из составов на основе кислот, выделенных из соевого масла и аминов различного молекулярного веса и состава, возможно получить антикоррозионные композиции, обладающие также диэлектрическими свойствами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Al-Sabagh A.M., Migahed M.A., Gad E.S., Halawa A.H., Abd El-Bary H.M. Synthesis of some Novel Surfactants Based on Di-Oleamide and Evaluation of their Performance as Corrosion Inhibitors for X-70 Under sweet and Sour conditions International Journal of Science and Research, 2015, v. 4, Issue 5.
2. Migahed M.A., Attya M.M., Abd El-Raouf M., Khamis E.A., Ali T.A. and Al-Sabagh A.M. "Corrosion Inhibition of X-65 Carbon Steel in Oil Wells produced water under CO<sub>2</sub> environment" Int. J. Electrochem. Sci., 10(2015).
3. Migahed M.A., Khatlab M.M., Aiad I., Abdel Basset A., Salama W.N., Al-Sabagh A.M. Corrosion inhibition and biocidal effect of some laboratory synthesized cationic surfactants in oil fields" Journal of Elixir Corrosion & Dye 77(2014), 29105-29111.
4. Рзаева Н.Ш. Исследование электропроводности растворов солей, комплексов и сульфатированных амидов олеиновой кислоты. Процессы нефтехимии и нефтепереработки. 15.3(59), 2014. с.238-243.
5. Мамедханова С.А., Аббасов В.М., Рзаева Н.Ш.. Результаты исследования электропроводности водных растворов этаноламинных комплексов синтетических нефтяных кислот // Известия высших технических учебных заведений Азербайджана. № 6(94), 2014, с.26-30.
6. Рзаева Н.Ш. Физико-химические свойства аминных комплексов сульфатпроизводных олеиновой кислоты и кислот кукурузного масла в 30%-ом водном растворе изопропилового спирта // Проблемы химии, 2015, № 3, с. 287-290.
7. Бурлов В.В., Палатик Г.Ф. Проблемы химико-технологической защиты оборудования нефтеперерабатывающих предприятий от коррозии. Химическая технология 2002, № 6, с.18-19.
8. Алиева Л.И. Изучение ингибирующих свойств комплексов на основе алкиламина спиртов и нафтенных кислот. Защита металлов 1999 г., т.35, №5, с. 547-551

## XÜLASƏ İNİHİBİTOR TƏRKİBLİ BİRLƏŞMƏLƏRİN FİZİKİ-KİMYƏVİ XASSƏLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

*Rzayeva N.Sh., Abbasov V.M., Ahmadov F.I.*

**Açar sözlər:** *korroziya inhibitorları, soya yağı turşularının amin kompleksləri, müqavimət, xüsusi elektrik keçiriciliyi.*

Alkilaminlər C<sub>1</sub>-C<sub>9</sub> və soya yağı turşularının əsasında alkilamin kompleksləri sintez edilmişdir. Komplekslərin izopropil spirtində və izopropil spirtinin suda 70%-li məhlulunda 20%-li məhlulları hazırlanmışdır. Onların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri, o cümlədən xüsusi müqavimət, dielektrik itkisinin tangens bucağı və xüsusi elektrik keçiriciliyi hesablanmışdır.

## SUMMARY STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF INHIBITING COMPOSITIONS

*Rzayeva N.Sh., Abbasov V.M., Ahmadov F.I.*

**Key words:** *corrosion inhibitors, amine complexes of soybean oil acids, resistivity, specific electrical conductivity.*

Alkylamine complexes of soybean oil acids with alkylamines C<sub>1</sub>-C<sub>9</sub> were synthesized. Their 20% solutions in isopropyl alcohol and in a 70% aqueous solution of isopropyl alcohol are prepared. Their physico-chemical properties, including the resistivity, the tangent of the dielectric loss of the angle, and the specific electric conductivity have been calculated.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	16.02.2018
	Son variant	25.06.2018

UOT 542.9

## HEKSAALKİLDİSTANNOKSANLARIN PERHALOGENENDİKONATLARLA REAKSİYALARININ ARAŞDIRILMASI

<sup>1</sup>DÜNYAMALİYEV ƏHMƏD DÜNYAMALI oğlu

<sup>2</sup>ƏLİYEV AİDA QƏZƏNFƏR qızı

<sup>3</sup>MUSTAFAYEV MUSA MUSA oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1,2,3-dosent

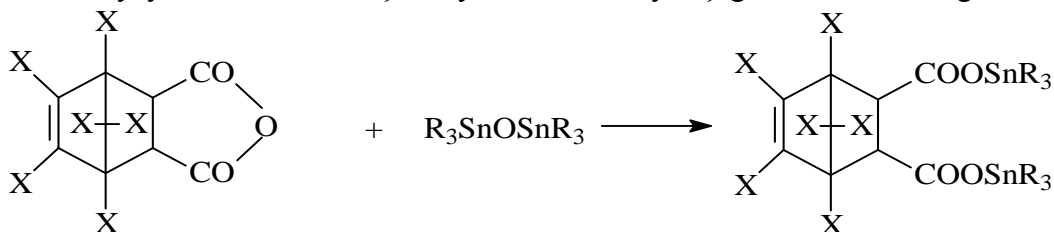
[musa.mustafayev.1962@mail.ru](mailto:musa.mustafayev.1962@mail.ru)

**Açar sözlər:** *heksaalkildistannoksan, perhalogenendikonat, qalaykarboksilat, perxlortsikloalifatik, trialkilstannan, xlor- və bromendikonatlar, tsikloalifatik, udma zolağı, potensiometrik titrləmə, titrləmə ayrılması.*

Aromatik, alifatik, tsikloalifatik və perxlortsikloalifatik turşuların di- və trialkil-stannoksanlarla qarşılıqlı təsiri nəticəsində qalaykarboksilatların alınması və tətbiqi haqqında elmi ədəbiyyatda bəzi məlumatlar vardır [1-4]. Bu məlumatlara baxmayaraq, heksaalkildistannoksanlarla perhalogenendikonatlar arasındakı kondensləşmə reaksiyalarının ətraflı öyrənilməsinə dair məlumatlara ədəbiyyatda, demək olar ki, rast gəlinmir. Bu baxımdan bu reaksiyaların ətraflı öyrənilməsi məqsədəuyğundur.

Reaksiyalarda başlanğıc maddələr kimi xlor- və bromendikonatlardan, həmçinin endik turşusunun anhidridlərindən istifadə edilmişdir.

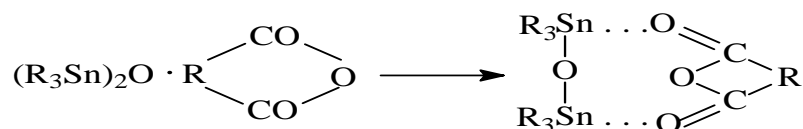
Bəzi üzvi turşulardan fərqli olaraq, endik turşusunun anhidridlərinin tərkibində karbonil qrupuna nəzərən β-vəziyyətdə halogen atomlarının olması onların heksaalkildistannoksanlarla daha asan reaksiyaya daxil olmasına şərait yaradır. Reaksiya aşağıdakı sxem üzrə gedir:



X=Cl, Br, H; R=C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, n-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>, n-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>.

Kondensləşmə reaksiyasında həlledici kimi benzol və ya toluoldan istifadə edilmişdir. Reaksiya 60 °C temperaturda azot mühitində aparılır. Reaksiyanı eyni zamanda kütlədə də aparmaq mümkündür. Proses ekzotermik olduğundan reaksiyanın gedişində temperaturun 80 °C-yə qədər yüksəlməsi müşahidə olunur. Bu zaman yan reaksiyaların, məsələn, HCl və HBr ayrılması ilə gedən reaksiyaların qarşısını almaq üçün heksaalkildistannoksanlar reaksiya zonasına tədricən asta damcılarla əlavə edilir.

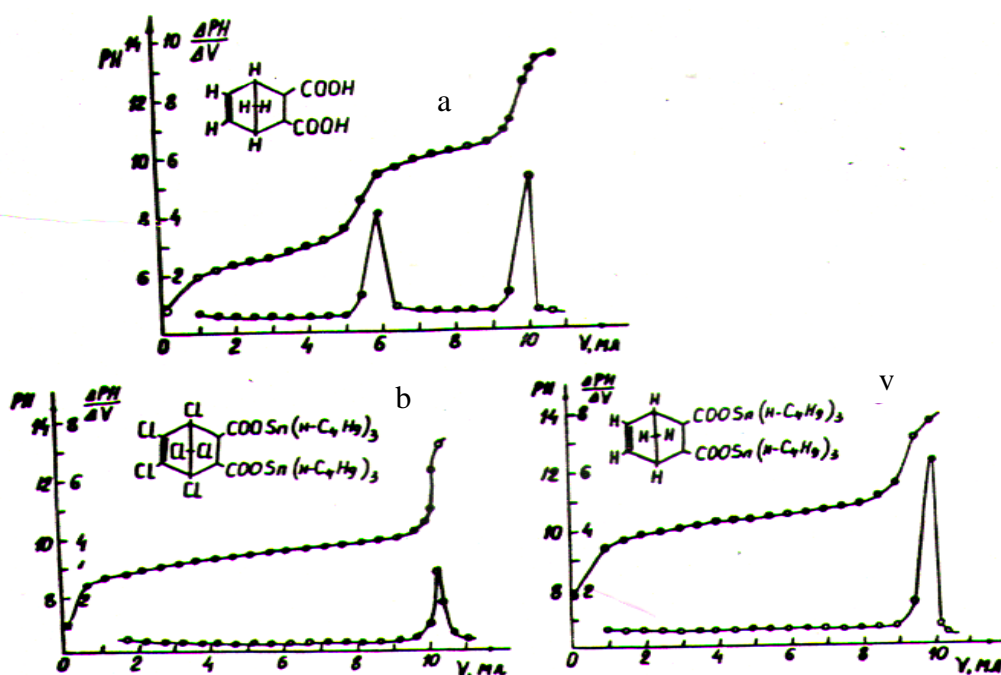
Reaksiyaların polyar həlledicilərin (aseton, dioksan, dimetilformamid) iştirakı ilə aparılması zamanı da reaksiya qarışıqının rənginin dəyişməsi müşahidə edilir. Heksaalkildistannoksanların tam reaksiyaya daxil olması üçün proses anhidridin artıq miqdarının iştirakı ilə aparılır. Həlledici mühitində aparılan reaksiyada başlanğıc anda reaksiya qarışıqı qəhvəyi rəng alır, lakin zaman keçdikcə qəhvəyi rəng tədricən itir. Reaksiya kütləsinin rənginin dəyişməsi, fikrimizcə, anhidridin karbonil qrupu ilə qalay atomları arasında aşağıdakı keçid kompleksinin əmələ gəlməsi ilə əlaqədardır:



Reaksiya məhsullarının çıxımına heksaalkildistannoksan molekulunda qalay atomları ilə birləşmiş alkil radikallarının təsiri öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, alkil radikallarında  $\text{CH}_2$  qruplarının sayı artdıqca reaksiya məhsullarının çıxımı da artır. Belə ki, ən yüksək çıxım reaksiyanın heksa-n-butildistannoksanla aparılması zamanı müşahidə olunur.

Qeyd etmək lazımdır ki, reaksiyanın bromendik anhidridi ilə aparılması zamanı, əsas reaksiya məhsulu kimi bistrilalkilstannilftalatlar alınır. Müəyyən olunmuşdur ki, bu, bromendik anhidridinin tərkibində 6,6-vəziyyətində yerləşən labil brom atomları ilə trialkilstannoksan molekulundakı qalay atomları arasında keçid kompleksin alınması ilə əlaqədardır. Alınan aralıq kompleksin parçalanması nəticəsində  $\text{R}_3\text{SnBr}$  tərkibli aralıq birləşmələr alınır ki, bu da öz növbəsində bromendikonatların ftalatlara çevrilməsinə səbəb olur. Nəticədə, bromendikonatların heksaalkildistannoksanlarla qarşılıqlı təsirindən gözlənilən bis-trialkilstannilbromendikonatlar deyil, bis-trialkilstanniltetrabromftalatlar alınır. Bis-trialkilstanniltetrabromftalatların alınması element analizinin nəticəsinə əsasən təsdiq edilmişdir. Məsələn, alınan bis-tri-n-butilstanniltetrabromftalatın ərimə temperaturu  $79-80^\circ\text{C}$ , Sn - 22.30, Br - 30.60% olmuşdur ki, bu da ədəbiyyat göstəriciləri ilə uyğundur [5].

Reaksiya nəticəsində alınan birləşmələr qatranabənzər, özlü və ya aşağı temperaturda əriyən, üzvi həlledicilərdə yaxşı həll olan maddələrdir. Bu birləşmələr sənayedə istehsal edilən polimer materialları ilə asan qarışır. Bu da öz növbəsində sintez olunan birləşmələrdən odadavamlı və bioloji fəal lak-boyaq maddələrinin alınmasında istifadə edilməsinə imkan yaradır.



Şəkil 1. Endik turşusunun (a), bis-n-tributilstannilxlorendikonatın (b) və bis-tri-n-butilstannilendikonatın titrləmə əyriyələri.

Sintez olunmuş birləşmələrin tərkibi və quruluşu element analizinin, potensiometrik titrləmənin, İQ- və PMR-spektroskopiyalarının köməyi ilə öyrənilmişdir. Endik və xlorendik turşularının qalay törəmələrinin və təmiz endik turşusunun potensiometrik titrləmə əyriyələri bu birləşmələr üçün daha yaxşı həlledici olan aseton-su (90%, həcmi % ilə) mühitində çəkilməmişdir. Potensiometrik titrləmə əyriyələri aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Şəkildən (a) görünür ki, başlanğıc maddə kimi götürülmüş endik turşusu iki potensial sıçrayışına malikdir. Bu isə turşunun tərkibində iki müxtəlif dissosiasiya qabiliyyətinə malik olan karboksil qrupunun olması ilə izah edilir. Bu karboksil qrupları mərhələli dissosiasiya etdiyindən titrləmə zamanı iki potensial sıçrayışı ilə müşahidə olunur.

Bis-tri-n-butilstannilxlorendikonatın potensiometrlik titrləmə əyrisi (b) bir potensial sıçrayışı ilə xarakterizə olunur ki, bu da hər iki bis-tri-n-butilstannilkarboksilat qrupunun eyni güclü olduğunu göstərir. Bis-tri-n-butilstannilendikonatın potensiometrlik titrləmə əyrisinin intensivliyi isə daha yüksəkdir (v).

Alınan nəticələr belə deməyə imkan verir ki, tri-n-butilstannil qrupları daha asan və birmərhələli hidrolizə məruz qalır. Belə güman etmək olar ki, karbonil qrupuna nəzərən  $\beta$ -vəziyyətdə yerləşən akseptor xlor atomları karboksil qrupundan elektronları qismən cəzb edərək tri-n-butilstannil qrupunun hidrolizini asanlaşdırır.

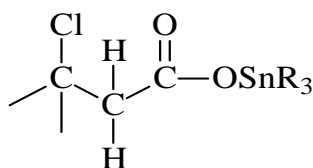
Yuxarıda qeyd olunan ehtimalları endik və xlorendik turşularının bis-tri-n-alkilstannil birləşmələrinin İQ-spektrlərinin müqayisəli analizi də təsdiq edir. Belə ki, İQ-spektrlərində aşağıdakı udma zolaqları müşahidə olunur:  $495-520 \text{ sm}^{-1}$  ( $\nu_{\text{Sn-C}}$ ),  $530-570 \text{ sm}^{-1}$  ( $\nu_{\text{Sn-C}}^{\text{as}}$ ),  $965-1000 \text{ sm}^{-1}$  ( $\nu_{\text{Sn-O}}$ ),  $1635-1670 \text{ sm}^{-1}$  ( $-\text{COOSnR}_3$  qrupundakı  $\text{C=O}$ ),  $1420-1460 \text{ sm}^{-1}$  ( $\delta_{\text{CH-CH}_2-\text{Sn}}$ ),  $665-670 \text{ sm}^{-1}$  ( $\nu_{\text{C-Cl}}$ ),  $1600 \text{ sm}^{-1}$  ( $\text{C=C Cl-C=C-Cl}$  – tsiklik fraqmentdə).

Endik və xlorendik turşularının bis-tri-n-butilstannil törəmələrinin İQ-spektrləri bir-birindən karbonil qruplarının valent rəqslərinin vəziyyəti ilə fərqlənir. Birləşmənin tərkibində xlor olmadıqda  $\text{C=O}$  udma zolağı  $1575$  və  $1650 \text{ sm}^{-1}$  sahəsində meydana çıxdığı halda, xlor atomları olduqda udma zolağı  $1635-1670 \text{ sm}^{-1}$  sahəsində meydana çıxır. Birinci halda  $\text{C=O}$  rəqsi hərəkətinə iki sahə  $1575$  ( $\text{C=O}$ ,  $\text{C=O}\dots\text{SnR}_3$ ) və  $1650 \text{ sm}^{-1}$  ( $\text{C=O}$ ,  $-\text{COOSnR}_3$ ), ikinci halda isə  $1635-1670 \text{ sm}^{-1}$  də bir rəqsi hərəkət sahəsi uyğun gəlir.

Sintez olunan birləşmələrin və onların homoloqlarının İQ-spektrlərinin müqayisəli analizi göstərir ki,  $\nu_{\text{C=O}}$  endik turşusu üçün  $>$  xlorendik anhidridi üçün  $>$  bis-tri-n-propilstannilxlorendikonat  $>$  bis-tri-n-etilstannilxlorendikonat  $>$  bis-tri-n-butilstannilxlorendikonat).

Bis-tri-n-alkilstannilxlorendikonatların PMR-spektrləri də araşdırılmışdır. Spektrlər aşağıdakı kimyəvi sürüşmələrlə xarakterizə olunur:  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Sn}$  törəmələri üçün  $0.98$  m.h. ( $\text{CH}_2-\text{Sn}$ ),  $0.97$  m.h. ( $\text{CH}_3-\text{C}-\text{Sn}$ ),  $3.59$  m.h. tsiklin CH qrupu üçün;  $(n-\text{C}_3\text{H}_7)_3\text{Sn}$ -üçün  $0.76$  və  $0.98$  m.h. ( $\alpha-\text{CH}_2-\text{Sn}$ ),  $0.9$  m.h. ( $\text{CH}_3$ ),  $1.1-1.17$  m.h. ( $\beta-\text{CH}_2$ ) və  $3.7$  m.h. (halqadakı CH üçün);  $(n-\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{Sn}$ -törəmələrinin spektrlərində  $0.8-0.98$  m.h. ( $\alpha-\text{CH}_2-\text{Sn}$ ),  $1.1-1.82$  m.h. ( $\text{CH}_3$ ), ( $\gamma$  və  $\beta-\text{CH}_2$ )  $3.89$  m.h.

Analitik siqnal kimi tsiklin CH simmetrik protonlarının siqnalları götürülmüşdür. Bu protonlar xlorla karbonil qrupları arasında yerləşir.



Endik, xlorendik və bis-tri-n-butilstannil törəmələrinin PMR-spektrlərinin müqayisəli analizindən görünür ki,  $\text{C-H}$  siqnallarının yerdəyişməsi onun əhatə olunduğu Sn tomusu ilə birləşmiş alkil qruplarının tərkibindəki protonların sayından asılıdır.

Müqayisəli analizin nəticələrindən məlum olur ki, xlor atomlarının molekulun tərkibinə daxil edilməsi ilə  $\text{C-H}$ -da olan protonların siqnallarının yerdəyişməsi ( $\Delta\delta=0.71$  m.h.) təşkil edir.  $\delta_{\text{CH}}$ -siqnallarının yerdəyişməsi qalay atomları ilə birləşmiş alkil radikallarının tərkibindən asılı olur. Bu isə öz növbəsində qalay ilə karbonil qrupunun arasında koordinasiya rəbitəsinin yaranması ilə izah olunur.

Aparılan təcrübi tədqiqatlar və nəzəri ümumiləşdirmələr əsasında endik, xlorendik, bis-tri-n-alkilstannilendikonat və xlorendikonatların müxtəlif analiz üsulları ilə tərkibi və quruluşu öyrənilmişdir. Potensiometrlik titrləmə əyrilərinin, İQ- və PMR-spektrlərinin xarakterləri müqayisəli analiz edilərək alınan birləşmələrin quruluşu və hidrolizi öyrənilmişdir. Potensiometrlik titrləmənin nəticələrinin araşdırılması belə bir qənaətə gəlməyə imkan verir ki, yeni sintez olunan qalayxlorkarboksilatlardan lak-boyak materiallarının tərkibinə əlavə etməklə oda və obrastaniyaya davamlı kompozisiyalar almaq olar.

## ƏDƏBİYYAT

1. Кочкин Д.А., Азербает И.Н. Олово- и свинецорганические мономеры и полимеры. Алма-Ата: Наука, 1968, 300 с.
2. Ябукова Ф.А., Рашкевич А.М., Кучкарев А.Б., Манулкин З.М. Синтез и свойства смешанных оловоорганических соединений // ЖОХ, 1965, т. 35, с. 387-391.
3. А.С. 976647 (СССР). Бис-триалкилстанниловые эфиры хлорендиковой кислоты как антиобрастающего агента в составе полимерного покрытия. //З.М.Рзаев, М.М.Гусейнов, Т.Н.Шахтактинский, С.Г.Мамедова, А.Д.Дуняамалиев. Опул. в Б.И., 1981, № 40.
4. Dünyamaliyev Ə.D., Sadiqova D.A., Mustafayev M.M. Polimer üçün antiprenlərin sintezi. // Polimer Materialları İnstitutunun yaradılmasının 50 illik yubileyinə həsr olunmuş "Makromolekullar kimyası, üzvi sintez və kompozit materiallar" Respubilka elmi konfransının materialları, Sumqayıt, 20-21 oktyabr 2016, s. 140-141.
5. Dünyamaliyev Ə.D., Sadiqova D.A., Mustafayev M.M. Qarıışıq politsiklik dikarbon turşularının bis-trialkilstannil törəmələri əsasında obrastaniyaya davamlı lak-boyaq maddələrinin alınması // Monomerlər və polimerlər kimyasının müasir problemləri III Respubilka konfransının materialları, Sumqayıt, 05-06 noyabr 2015, s. 129-131.

## РЕЗЮМЕ

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ПЕРГАЛОИДЭНДИКОНАТОВ С ГЕКСААЛКИЛДИСТАННОКСАНАМИ

*Дуняамалиев А.Д., Алиева А.Г., Мустафаев М.М.*

**Ключевые слова:** *гексаалкилдистанноксан, пергаллоидэндиконат, оловокарбоксилат, перхлорциклоалифатический, триалкилстаннын, хлор- и бромэндиконаты, циклоалифатический, полоса поглощения, потенциометрическое титрование, кривые титрования.*

Проведены реакции конденсации хлор- и бромэндикового ангидрида эндиковой кислоты с гексаалкилдистанноксанами. Синтезированы бис-три-*n*-алкилстаннылэндиконаты. Был изучен состав и структура синтезированных соединений, а также результаты потенциометрического титрования полученных соединений.

Установлено, что синтезированные соединения по своей способности диссоциироваться характеризуются одним скачком титрования. Это доказывает равносильность обоих триалкилстаннылкарбоксилатных групп в составе бис-триалкилстаннылэндиконатов.

## SUMMARY

### INVESTIGATION OF REACTION OF HEXAALKYLDISTANNOXANES WITH PERHALOIDENDICONATES

*Dunyamaliyev A.D., Aliyeva A.G., Mustafayev M.M.*

**Key words:** *hexaalkyldistannoxane, perhalogenendiconate, tin-carboxylate, perchlorocycloaliphatic, trialkylstannane, chloro- and bromoendiconates, cycloaliphatic, absorption band, potentiometric titration, titration curves.*

The condensation reactions of chloro- and bromoendic anhydride of endic acid with hexaalkyldistannoxanes have been carried out. Bis-tri-*n*-alkylstannyl-endiconates have been synthesized. The composition and structure of the synthesized compounds and also the results of potentiometric titration of the prepared compounds have been studied.

It has been determined that the synthesized compounds are characterized by their ability to dissociate with a single jump in titration. This proves an equivalence of both trialkylstannylcarboxylate groups in the composition of bis-trialkylstannylendiconates.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	31.01.2018
	Son variant	25.06.2018

УДК 678.01

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВРЕМЕНИ СУШКИ НА СОДЕРЖАНИЕ ФРАКЦИИ ПРИ АКТИВАЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**<sup>1</sup>ШАХГЕЛДИЕВ ФИЗУЛИ ХАНАЛИ ОГЛУ<sup>2</sup>АДИЛОВА ЛЯМАН ИСМИ ГЫЗЫ<sup>3</sup>САФАРОВА ГЮЛЬГЮН МЕХМАН ГЫЗЫ<sup>4</sup>АДЫГЕЗАЛОВА ХАНУМ АЛИБАБА ГЫЗЫ

Сумгаитский государственный университет,

1- научный сотрудник, 2- младший научный сотрудник,

3- старший лаборант, 4- ассистент

[adilovalaman@mail.ru](mailto:adilovalaman@mail.ru)**Ключевые слова:** макулатура МС-1А, целлюлоза, активация, температура сушки

*Данная работа посвящена получению активированного порошка целлюлозы из дешевой целлюлозосодержащей макулатуры МС-1А. Исследованы зависимости содержания целевой фракции в готовом продукте от температуры сушки, а также зависимости времени сушки от температуры сушки. В результате полученных данных построены соответствующие диаграммы.*

Целлюлозно-бумажные производства, в основе которых лежат сульфатные и сульфитные способы получения целлюлозы, характеризуются наличием большого количества отходов в виде щелоков и лигносульфонатов. Кроме того, окружающая среда загрязняется сточными водами и сильнотоксичными летучими продуктами, такими как сероводород, меркаптаны и другие. В связи с этим в настоящее время ведется интенсивный поиск принципиально новых, малотоксичных и более экономичных способов получения целлюлозы и целлюлозосодержащих продуктов из различных отходов древесного происхождения.

Современным направлением в химии целлюлозы для получения продуктов с новыми заранее заданными свойствами является ее модификация, позволяющая устранять недостатки, присущие природной целлюлозе. Различают структурную и химическую модификации целлюлозы. К структурным модификациям целлюлозы относится получение активированного порошка целлюлозы, нашедшее самое разнообразное практическое использование [1].

Основой для получения активированного порошка целлюлозы может служить практически любое целлюлозосодержащее сырье. Несмотря на то, что источники целлюлозы весьма разнообразны (древесина высших растений, хлопок, лен, конопля, джут, рами, водоросли и т.д.), традиционно для получения активированного порошка целлюлозы применяют хлопковую целлюлозу и технические древесные целлюлозы. Недостатки многих известных способов получения активированного порошка целлюлозы заключаются в использовании относительно дорогого сырья, неудовлетворительной химической чистоте и низких экологических показателях готового продукта, связанные с особенностями технологии производства беленых целлюлоз. Классическим способом получения активированного порошка целлюлозы принято считать гетерогенный гидролиз 2,5н соляной кислотой при 105<sup>0</sup>С [2].

Известно что, активированный порошок целлюлозы получают гидролизом целлюлозы щелочами, кислотами, кислыми солями, щелочно-окислительной обработкой. При гидролизе происходит разрушение химических связей в аморфных областях целлюлозных волокон, в отличие от механического разрушения, при которых волокна целлюлозы разрушаются также и в кристаллических областях. Наиболее распространен кислотный способ гидролитической деструкции целлюлозы, в ходе которого, при воздействии на аморфные участки, происходит разрушение химических связей в макромолекулах целлюлозы. Получение активированного порошка целлюлозы кислотным способом происходит при воздействии на исходную целлюлозу неорганических кислот (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>) [3], кислот Льюиса (TiCl<sub>4</sub>, AlCl<sub>3</sub>, SbCl<sub>5</sub>, и др.), с последующей механической дезинтеграцией гидролизованной целлюлозы с целью получения размера частиц 5÷320 мкм и высокой степени кристалличности и реакционной способностью [4].

Наша задача состояла в получении активированного порошка целлюлозы из дешевой целлюлозосодержащей макулатуры МС-1А 10700-97.

Целью данной работы является исследование влияние температуры и времени сушки на содержание выхода фракции в процессе активации целлюлозы из макулатуры МС-1А размером частиц 5÷320 мкм [5].

#### Экспериментальная часть

Для исследований была использована измельченная целлюлозосодержащая макулатура МС-1А, соответствующая требованиям ГОСТ10700-97. Активированный порошок целлюлозы получали путем взаимодействия целлюлозы при температуре 25÷35°С с водным раствором Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> концентрацией от 2 до 5%: в литровый стакан с магнитной мешалкой загружают 2-5%-ного водного раствора Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; 5,0 гр. измельченной целлюлозы и обрабатывают в течение 10÷40 мин. при температуре 25÷35°С.

Полученную целлюлозную массу фильтровали, затем после отжима с влажностью 50÷60% в пастообразном виде подавали на стадию сушки. Сушку пастообразной целлюлозы осуществляли в сушильной печи при температуре 80÷160°С в течение 30÷210 мин.

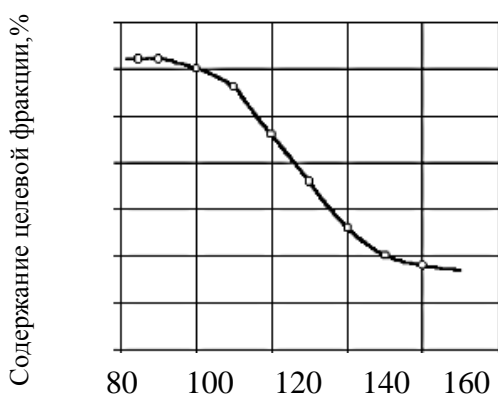
Таблица

№	Наименование компонентов		Номера опытов						
			1	2	3	4	5	6	7
1	Дистиллированная вода,	гр.	388	380	372	372	372	372	364
2	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ,	гр.	8	10	20	16	12	15	18
3	Количество целлюлозы,	гр.	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
4	Время обработки целлюлозы	мин	30	30	30	10	20	40	30
5	Время сушки целлюлозы,	мин	30	60	90	120	150	180	210
6	Время помола целлюлозы 105 °С,	мин	6	4	6	2	4	6	6
7	Порошок целлюлозы,	гр.	4,24	4,45	4,60	4,54	4,48	4,52	4,58
8	Фракции состав порошка цел.,	%							
	0,63 мкм		12,11	10,16	2,90	31,91	8,15	0,63	3,95
	0,32 мкм		27,56	30,94	21,25	26,41	25,84	37,25	20,68
	0,20 мкм		26,42	24,88	29,00	15,70	24,85	31,69	29,67
	0,10 мкм		20,17	25,96	39,65	22,26	34,20	28,33	39,56
	0,05 мкм		3,74	8,06	7,28	8,72	6,96	2,10	6,08
9	рН водного дисп. порошка,	ед.	7,80	8,20	7,90	7,90	7,80	7,60	7,90
10	Выход активированной цел.,	%	84,08	89,0	92,0	90,8	89,6	90,4	91,6

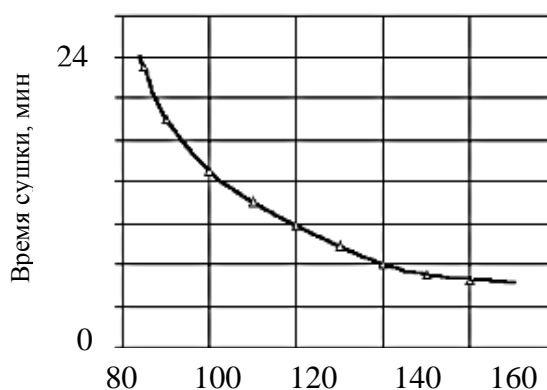
Было проведено несколько экспериментов по сушке при различных температурах сушки и в ходе одного эксперимента температура сушки оставалась постоянной. При проведении экспериментов в процессе сушки отбирались пробы из печи для определения

влажности материала. По окончании процесса сушки выполнялись размол сушеной целлюлозы с целью получения фракции активированного порошка целлюлозы размерами частиц  $5\div 320$  мкм. Полученный активированный порошок целлюлозы с размерами частиц  $0,63$  мкм не пригоден для дальнейшего использования при сополимеризации. Результаты опытов активации целлюлозы представлены в таблице.

**Обсуждение результатов.** Нами исследованы результаты проведенных серийных опытов и на этой основе построены диаграммы зависимости содержания целевой фракции в готовом продукте ( $5\div 320$  мкм) от температуры сушки, а так же зависимости времени сушки от температуры сушки.



**Рис. 1.** Зависимость содержания целевой фракции в готовом продукте ( $5\div 320$  мкм) от



**Рис. 2.** Зависимость времени сушки от температуры сушки

На рисунке 1 приведены результаты экспериментов в виде зависимости содержания целевой фракции продукта в материале от температуры сушки. На рисунке 2 представлена зависимость длительности процесса сушки от температуры сушки.

Анализ экспериментальных данных показывает, что содержание целевой фракции активированного порошка целлюлозы зависит от температуры сушки. При невысоких значениях температуры сушки содержание целевой фракции в готовом продукте повышается, вследствие увеличения продолжительности сушки и процесса размола целлюлозы. Сравнение экспериментальных данных показывает, что при дальнейшем снижении температуры продолжительность процесса сушки значительно возрастает (рис. 1), в то время как выход целевой фракции продукта повышается незначительно.

Повышение температуры сушки ведет к увеличению интенсивности процессов теплообмена, сокращению времени сушки и уменьшению продолжительности процесса размола целлюлозы, следствием чего является снижение выхода целевой фракции готового продукта (рис. 2). Поэтому при оптимальном соотношении продолжительности процесса сушки и температуры сушки выход целевой фракции продукта по окончании процесса сушки и размола составил  $84,08\div 92,0\%$ .

Полученный активированный порошок целлюлозы может быть использован в качестве мономера при получении сополимеров, в качестве наполнителя при получении композиционных материалов, а также в качестве компонента при производстве лаков и эмульсионных красок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кочева Л.С., Карманов А.П. Новые способы получения микрокристаллической целлюлозы / II Всероссийская конференция Химия и технология растительных веществ, Казань, 24-27 июнь, 2002, с.140.
2. Павлов И.Н., Куничан В.А. Измельчение микрокристаллической целлюлозы в процессе сушки, Химия растительного сырья, 1999. № 2. с. 159-162.
3. Миямото Кимитою. Заявка 57-212231 (Япония). Опубл. 27.12.82.
4. Шахгелдиев Ф.Х., Адилова Л.И., Сафарова Г.М. Современное состояние процесса активации целлюлозы / Уфимский государственный нефтяной технический университет, Актуальные проблемы науки и техники, 2017 г. X Международная научного практическая конференция молодых ученых, Том 1, с.196-198.

#### XÜLASƏ

#### SELLÜLOZANIN AKTİVLƏŞDİRİLMƏSİ PROSESİNDƏ TEMPERATURUN VƏ QURUDULMA VAXTININ FRAKSİYA TƏRKİBİNƏ TƏSİRİNİN TƏDQIQI

*Şahgəldiyev F.X., Adilova L.İ., Səfərova G.M., Adıgözəlova X.A.*

**Açar sözlər:** *MC-1A markalı kağız tullantısı, sellüloza, aktivləşdirmə, qurudulma vaxtı*

Hazırkı iş aktivləşdirilmiş sellüloza tozunun ucuz MC-1A markalı kağız tullantısından alınmasına həsr edilmişdir. Məhsulun fraksiya tərkibinin qurudulma temperaturundan həm də qurudulma vaxtının asılılığı tədqiq olunmuşdur. Aparılan təcrübələrin nəticələrinə əsasən uyğun diaqramlar tərtib olunmuşdur.

#### SUMMARY

#### STUDY OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND DRYING TIME ON FRACTION CONTENT IN CELLULOSE ACTIVATION PROCESS

*Shahgeldiyev F.KH., Adilova L.I., Safarova G.M., Adigozalova Kh.A.*

**Key words:** *wastepaper MS-1A, cellulose, activation, drying time*

This work is devoted to the production of activated cellulose powder from cheap cellulose-containing waste paper MS-1A. Product's fractional composition's dependence on its drying temperature, as well as drying time's dependence on drying temperature were studied. According to the results of conducted experiences diagrams are constructed.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	11.10.2017
	Son variant	25.06.2018

УДК 661.16

## СИНТЕЗ АЛКАНСУЛЬФОНАТОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

<sup>1</sup>ГАТАМОВ МАТЛАБ МУРТУЗ оглу<sup>2</sup>АБДУЛЛАЕВА МИНАЯ БИЛАЛ ГЫЗЫ<sup>3</sup>ОСМАНОВА ДИЛЬБАР ГАСАН ГЫЗЫ*Сумгаитский государственный университет,**1-руководитель лаборатории, 2- мл.н.с., 3-лаборант**[bilalqizi@inbox.ru](mailto:bilalqizi@inbox.ru)*

**Ключевые слова:** алкансульфонаты, абгаз хлористый водород, расплавленный пара-фин, сульфохлорирование, сульфирование, эмульгатор, поверхностно-активные вещества.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) находят все более широкое применение не только при получении моющих средств личной гигиены, но и в различных областях промышленности, сельского хозяйства в качестве диспергаторов, эмульгаторов, смачивающих и пенообразующих агентов. Они используются в производстве пищевых продуктов, фармацевтических товаров, при обработке металлов, добыче нефти, транспортировке угля по трубопроводом, получения смазок и присадок, гербицидов и пестицидов, отделке текстиля, кож, бумаги, для флотации руд, интенсификации различных химических процессов, как ингибиторы коррозии и др. В основном они применяются в трех главных областях: домашняя стирка, средства личной гигиены и промышленные цели [1].

Известно, что ПАВ разделяют на следующие основные классы: анионоактивные, неионогенные, катионоактивные и амфотерные. Они имеют общую формулу  $RO_3Na$ , где R-вторичный алкил  $C_{11}-C_{18}$ , алкансульфонаты – бледно-желтые кристаллы, расплывающиеся на воздухе. С водой при концентрации алкансульфонаты 60% и выше образуют пасты; критическая концентрация мицеллообразования 0,03 – 0,1% по массе; 34 Н/м. Устойчивы к нагреванию до  $150^{\circ}C$ . В настоящее время известно несколько химических способов синтеза алкансульфонатов.

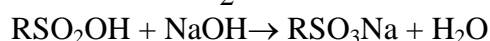
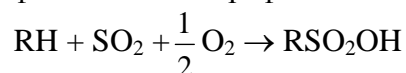
1. Фотохимическое сульфохлорирование смеси, содержащей не менее 98,5% парафинов  $C_{11}-C_{18}$ , выделяемые из керасиновой фракции нефти. Реакцию осуществляют в каскадных реакторах при УФ-облучении ртутными лампами.



Для предотвращения образования большого количества дисульфонов степень превращения парафинов не должна превышать 25-30%, содержание дисульфохлоридов-20%. Полученные продукты отделяют от непрореагировавших парафинов, которые возвращают на сульфохлорирование и упаривают до плавалкансульфонатов. Из него готовят 40 и 60%-ные растворы алкансульфонатов.

Недостатком способа являются получение большого количества тепла и сложность его отвода и возвращение части непрореагировавших парафинов на сульфохлорирование.

2. Фотохимическое сульфоокисление парафинов смесью газов  $SO_2$  и  $O_2$



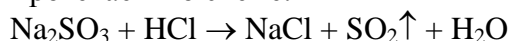
Реакцию проводят при УФ-облучении в реакторах при непрерывном введении воды в реакционную зону для экстракции образующихся сульфокислот. Полученную смесь отделяют от не прореагировавших парафинов, непрерывно возвращаемых в реактор. Низкая конверсия парафинов (около 1%) обеспечивает низкое содержание побочных дисульфонов. Полученные этим способом алкансульфонаты (сульфонат-SO), содержащие 60% алкансульфонаты и 7-8% дисульфонов, эмульгатор при синтезе полимеров. Недостаток способа – возвращение непрореагировавших парафинов в реактор на сульфоокисление. Надо отметить то, что все алкансульфонаты малотоксичны, а их биоразлагаемость около 100% [2,3]

Несмотря на большое число исследований, посвященных поиску перспективных методов синтеза алкансульфонатов, синтез алкансульфонатов электрохимическим способом еще не рассмотрен.

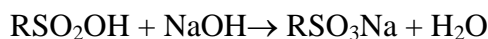
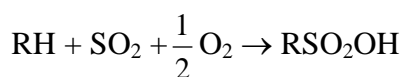
Целью данной работы является проведение синтеза алкансульфанатов в электрохимической системе и исследование химизма сульфохлорирования процесса.

**Экспериментальная часть.** В предложенной работе опыты проводились в стеклянном цилиндрическом электролизере, снабженном механической мешалкой, термостатом, графитными электродами, амперметром, контактным термометром и холодильником.

В качестве исходных реагентов использовали абгаз HCl, сульфит натрия и расплавленный парафин. После сборки установки, в электролизер загружали 10-15%-ный раствор HCl и водный раствор Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> при температуре около 30-40<sup>0</sup>C. Реакция протекает по схеме:

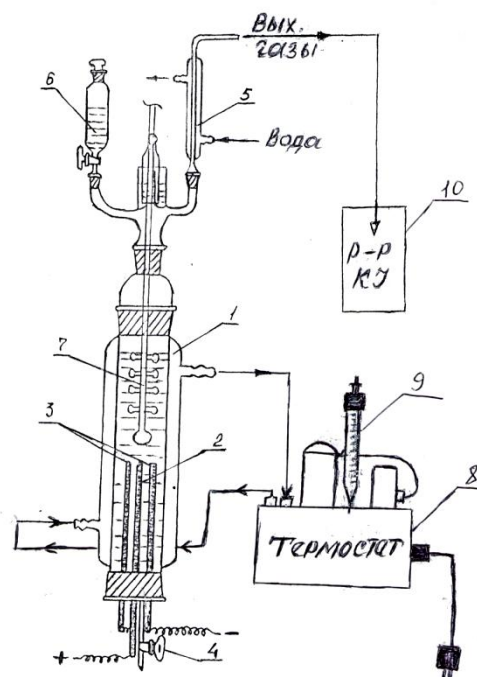
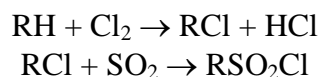


После подачи электрического тока HCl подвергается электролизу и на катоде получается H<sub>2</sub> а на аноде молекулярный Cl<sub>2</sub>. А также в меньшей степени электролизу подвергается Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> с получением на аноде O<sub>2</sub>, который способствует получению незначительного количества алкансульфонатов.



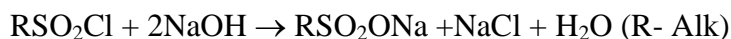
При получении молекулярного Cl<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub>, взаимодействием между собой они образовали сульфонил хлорид. SO<sub>2</sub>Cl. Количество прореагировавшего хлора контролировалось раствором KJ. Температура процесса контролировалась с помощью термостата и придерживалась около 30-40<sup>0</sup>C. После получения SO<sub>2</sub>Cl добавляли расплавленный парафин.

**В первом случае.** Если расплавленный парафин добавлен после электролиза HCl, то тогда будет идти процесс хлорирования парафина, а затем сульфирование после электролиза Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>.

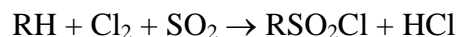


**Рис.** Установка для сульфохлорирования. 1- рубашка, 2- анод, 3-катод, 4- кран, 5- холодильник, 6 – воронка, 7- мешалка, 8-термостат, 9-контактный термометр, 10- посуда для раствора KJ

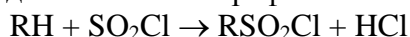




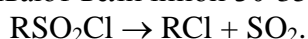
При проведении опытов установлено, что при совместном действии хлора и сернистого ангидрида на парафиновые углеводороды при 30-40<sup>0</sup>С в присутствии инициатора (перекиси) получают хлорангидриды алкансульфоокислот-алкансульфохлориды.



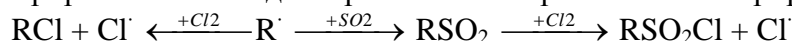
**Во втором случае.** Если расплавленный парафин добавлен после электролиза и HCl и Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> одновременно то, тогда можно полагать, что полученный SO<sub>2</sub>Cl непосредственно будет взаимодействовать с парафином.



Отметим, что повышенная температура способствует разложению. Поэтому при проведении процесса ее ограничивают величиной 30-35<sup>0</sup>С .



В результате опытов установлено, что процесс сульфохлорирования является параллельным хлорированием исходных реагентов с образованием хлорпроизводных.



Очевидно, что подавлению хлорирования способствует избыток диоксида серы по отношению к хлору. В случае углеводородов с прямой цепью уже при мольном отношении SO<sub>2</sub> : Cl<sub>2</sub> = 1,1:1 доля реакции хлорирования составляет 3-5%, что вполне приемлемо для промышленной практики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Поверхностно-активные вещества: Синтез, технология, применение, тенденции развития. Государственный НИ и ПИ хлорной промышленности. Сборник научных трудов. М.: НИИТЭХИМ, 1988, с.3-10
2. Поверхностно-активные вещества алкансульфонаты. Справочник, под. ред. А.А.Абрамзона, Г.М.Гаевого. Л.: Химия, 1979, 376 с
3. Щукин Е.Д., Гершенович А.И. Алкансульфонаты // ЖВХО им.Менделеева, т.25, № 5. М.: 1980, с.573-580.

## XÜLASƏ

### ALKANSULFANATLARIN ELEKTROKİMYƏVİ METODLA SİNTEZİ

*Hətəmov M.M., Abdullayeva M.B., Osmanova D.H.*

**Açar sözlər:** *alkansulfanat, abqaz hidrogen xlorid, əridilmiş parafin, sulfoxlorlaşma, sulfolaşma, emulqator, səthi-aktiv maddə.*

İlk dəfə olaraq elektrokimyəvi metodla alkansulfanat alınmışdır. Prosesin konstruksiyası və texnologiyası çox sadədir. Aralıq məhsulların alınması məhduddur. Yüksək kimyəvi təmizliyə malik məhsul alınır.

## SUMMARY

### SYNTHESIS OF ALKANESULPHONATES BY MEANS OF ELECTROCHEMICAL METHOD

*Hatamov M.M., Abdullayeva M.B., Osmanova D.H.*

**Keywords:** *alkanesulphonates, hydrogen chloride, fused paraffin, sulfochlorination, sulphonation, emulsifier, surfactant.*

For the first time alkanesulphonate has been obtained by means of electrochemical method. The process is very simple in design and technology. Intermediate product's acquisition is limited. The product has a high chemical purity.

Daxilolma tarixi: İlk variant 31.05.2017  
Son variant 25.06.2018

UOT 519.688:504.3.054

## BAKİ ŞƏHƏRİNİN ATMOSFER ÇİRLƏNMƏSİNİN MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

<sup>1</sup>SÜLEYMANOV TOFIQ İBRAHİM oğlu<sup>2</sup>MUSTAFAZADƏ NAILƏ XANSUVAR qızı*Milli Aerokosmik Agentliyi, Bakı şəh., 1-professor, 2-aparıcı elmi işçi*  
[sdu.elmixeberler@mail.ru](mailto:sdu.elmixeberler@mail.ru)

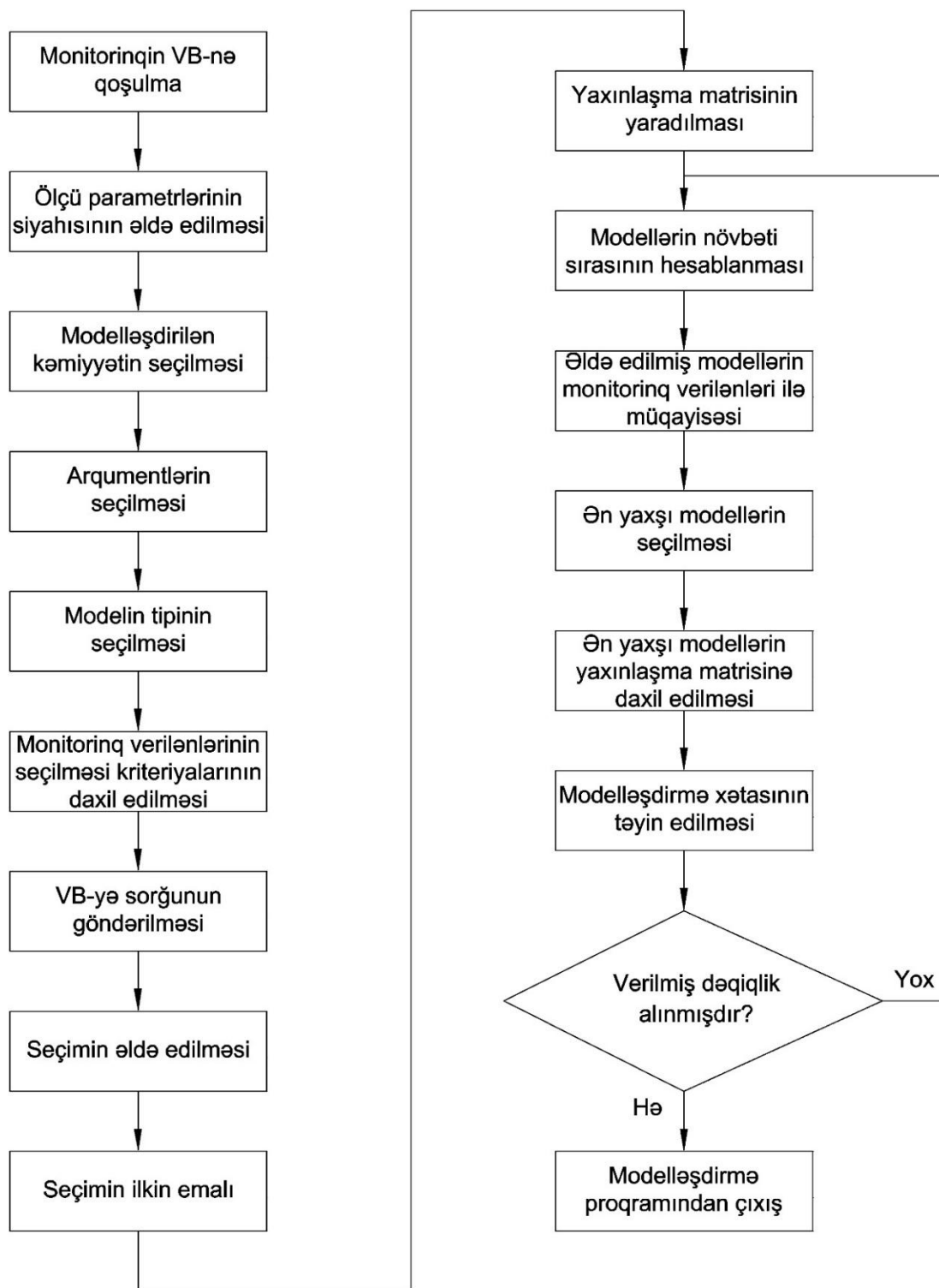
*Açar sözlər: atmosfer, çirklənmə, monitoring, alqoritm, modelləşdirmə, proqnozlaşdırma.*

Son onillikdə yer kürəsinin zahiri görünüşü ciddi şəkildə dəyişikliyə uğramışdır. Planetimizin təbii ağciyərləri sayılan meşələrin sahəsinin azalması nəticə etibarlı ilə iqlimin dəyişməsinə də səbəb olmuşdur. İnsanların fəaliyyəti ilə yaranan məhsullar atmosferin çirklənməsinə səbəb olan və bəşəriyyətin son dövrlər qarşılaşdığı ən güclü faktorlardan biridir. Xüsusilə də bu problem planetin əksər böyük şəhərlərində, o cümlədən Bakıda qabarıq şəkildə özünü göstərir. Monitoring verilənlərinə əsaslanaraq atmosfer çirklənməsinin modelləşdirilməsi onun gələcək vəziyyətinin proqnozlaşdırılmasında, mövcud problemin aradan qaldırılması üçün tədbirlərin görülməsində və son nəticədə isə, həyat səviyyəsinin yaxşılaşdırılmasında yeni imkanlar yaradır.

Qeyd edilməlidir ki, konkret yerli şərait üçün işlənmiş və mövcud göstəricilərlə müqayisədə daha yaxşı dəqiqliyə və etibarlılığa malik olan yeni modelləşdirmə alətlərinin yaradılması həmişə aktual olaraq qalmaqdadır. Son illər Milli Aerokosmik Agentlikdə Bakı şəhərinin atmosfer çirklənməsinin monitoringi, modelləşdirilməsi və proqnozlaşdırılması üçün yeni proqram-instrumental sistemin yaradılması üzrə müəyyən işlər həyata keçirilmişdir [1]. Bakı şəhəri üçün xarakterik olan atmosfer çirkləndiricilərinin konsentrasiyasının ölçmələri aparılmışdır. Ölçmələr müxtəlif nöqtələrdə həyata keçirilmiş və onların nəticələri əsasında atmosfer çirklənməsinin xəritələri tərtib edilmişdir. Eyni zamanda meteoroloji faktorların atmosferin çirklənməsinə təsiri haqqında məlum verilənlərə əsaslanaraq paralel şəkildə havanın temperaturu, rütubəti, təzyiqi, küləyin sürəti və digər parametrlər üzrə də müşahidələr aparılmışdır. Bütün ölçmələrin nəticələri Bakı şəhərinin atmosfer çirklənməsinin monitoringinin verilənlər bazasına daxil edilmişdir. Böyük həcmdə toplanılmış statistik verilənlərin mövcud olması atmosfer çirklənməsinin modelləşdirilməsi və proqnozlaşdırılması üçün əsas hesab edilmişdir. Həmçinin proqram-instrumental sistemin tərkibinə daxil olan modelləşdirmə və proqnozlaşdırma proqramları yaradılmışdır [2]. Modelin qurulması üçün yaradılan proqramda arqumentlərin qrup uçotu metodundan (AQUM) istifadə edilmişdir [3]. Metodun mahiyyəti modellərin ardıcıl sırasının alınmasından ibarətdir. Bu modellərin hər iterasiyadan sonra daha mürəkkəb riyazi ifadəyə malik olmasına baxmayaraq, onların real verilənlərə (monitorinq verilənlərinə) yaxınlaşma dəqiqliyi getdikcə artır. Bu halda modelin riyazi ifadəsi modelləşdirilən kəmiyyətin (konkret atmosfer çirklənməsinin konsentrasiyasının) bir və ya bir neçə təsiredici faktorlardan (müxtəlif meteoroloji faktorların qiymətlərindən) asılılığını əks etdirir. Proqramın sınaqları modelləşdirmə dəqiqliyinin kifayət qədər yaxşı olduğunu göstərmişdir (5 %-dən az xəta ilə). Son dövrlərdə isə modelləşdirmə proqramı daha da modernləşdirilmiş, proqramın universallaşdırılması və onun digər sahələrdə tətbiq oluna bilməsi üçün yeni funksional imkanlar əlavə edilmişdir. Əsas imkanlardan biri ayrı-ayrı atmosfer çirkləndiricilərinin modelləşdirilməsi üçün müxtəlif arqumentlərin seçilməsi olmuşdur.

Həqiqətən də, meteoroloji faktorlar ayrı-ayrı çirkləndiricilərə müxtəlif cür təsir göstərdiyinə görə müəyyən hallarda və şərtlər daxilində onlardan bəzilərinin təsirini nəzərə almamaq olar.

Şək. 1-də yuxarıda göstərilən funksiyaları yerinə yetirən modelləşdirmə proqramının yeni alqoritmi təqdim edilmişdir.



Şəkil 1. Modelləşdirmə proqramının alqoritminin blok-sxemi

Proqram aşağıdakı ardıcılıqla fəaliyyət göstərir. Əvvəlcə monitorinqin verilənlər bazasına qoşulma yerinə yetirilir. Bir qayda olaraq ancaq atmosfer çirklənməsi deyil, həmçinin istənilən monitorinqin verilənlər bazası öz tərkibində müşahidələrdən ibarət cədvələ də malik olur. Buna görə də, ilk növbədə, monitorinq zamanı bütün müşahidə edilən parametrlərin siyahısının və xüsusi halda müxtəlif atmosfer çirkləndiricilərinin konsentrasiyasının, həmçinin meteoroloji faktorların qiymətlərinin əldə edilməsi üçün proqram sorğu verir. Baxılan halda monitorinq zamanı atmosferin tərkibindəki Bakı şəhəri üçün xarakterik olan toz, kükürd qazı, azot-4-oksüd, hidrogen sulfid, dəm qazı, furfurool, formaldehid və digər atmosfer çirkləndiricilərinə nəzarət həyata keçirilmişdir. Həmçinin verilənlər bazasında yuxarıda sadalanan meteoroloji faktorların qiymətləri də saxlanılmışdır.

Ölçü parametrlərinin siyahısı əldə edildikdən sonra parametrlər və modelin tipi verilir. Yəni modelləşdirilən kəmiyyətin özü və arqumentlər seçilir. Həmçinin bu arqumentlərdən asılılığı təyin etmək də tələb olunur. Modelin tipi günlük modeldən illik modelə qədər dəyişə və həmçinin verilənlərin statistik emalının xarakterini təyin edə bilər. Sonra verilənlər bazasından seçim etmək üçün ölçmələrin başlanma və bitmə tarixləri, onların aparıldığı yer kimi meyarlar daxil edilir. Daxil edilmiş qiymətlər əsasında verilənlər bazasına göndəriləcək sorğu yaradılır. Bu sorğuya cavab olaraq yuxarıda sadalanan bütün meyarlara cavab verən verilənlərin seçilməsi həyata keçirilir. Seçimin ilkin emalı modelin verilmiş tipinə uyğun olaraq, verilənlərin statistik emalını özündə ehtiva edir. Məsələn, həftəlik model üçün əvvəlcə günlər üzrə, sonra isə artıq bütün həftə üzrə verilənlərin emalı həyata keçirilir. Analoji olaraq illik model üçün də günlər və aylar, sonra isə bütün il üzrə statistik emal yerinə yetirilir. Bu cür yanaşma bazada mövcud olan bütün verilənlərin emalının etibarlılığını artırmağa imkan verir. Bu əməliyyatda modelləşdirmə üçün parametrlərin və verilənlərin seçilməsini həyata keçirən proqram hissəsi öz işini sona çatdırır və birbaşa modelin qurulması prosesi başlayır. Modelləşdirmə prosesi bir neçə iterasiyadan ibarətdir və yaxınlaşma matrisinin yaradılmasından başlayır. Matrisin bu cür adlandırılması hər iterasiyadan sonra alınmış modellərin real monitorinq verilənlərinə daha da yaxınlaşan qiymətlərindən ibarət olması ilə əlaqədardır. Yaxınlaşma matrisinin birinci iterasiyadan əvvəlki xarici görünüşü şəkl. 2-də göstərilmişdir. Matrisi şərti olaraq hər biri bir neçə sütundan ibarət olan üç hissəyə bölmək olar. Şəkildə bu hissələr bölücü xətlərlə göstərilmişdir. Baxılan halda illik model qurulduğundan, birinci hissə meteoroloji faktorların (temperatur, təzyiq, rütubət, küləyin sürəti və yağıntının miqdarı) orta aylıq qiymətlərindən ibarətdir və beş sütundan təşkil edilmişdir. Matrisin ikinci hissəsini təşkil edən növbəti iki sütun uyğun olaraq sıfır və birlərdən ibarətdir. Beləliklə, verilmiş matrisdə birinci iterasiyadan əvvəl ilk yeddi sütun doldurulmuşdur. Birinci iterasiyadan əvvəlki yerdə qalan sütunlar isə boş saxlanılır. Növbəti hər bir iterasiyadan sonra həmin sütunlara modellərin bu iterasiyada hesablanmış və real verilənlərə daha da yaxınlaşan ən yaxşı qiymətləri yazılacaqdır.

Orta temperatur	Havanın tezyiqi	Orta rutubat	Kuleyin orta sureti	Orta yaginti miqdari	zeros	ones	Model #1	Model #2
5.5000	1.0066e+03	83	2.6000	59.5000	0	1	0	0
6.9000	1.0106e+03	90	2.5000	58.2000	0	1	0	0
8.8000	1.0058e+03	84	4	10.1000	0	1	0	0
12.9000	1.0075e+03	81	2.6000	55.9000	0	1	0	0
20.2000	1.0054e+03	77	1.7000	4.9000	0	1	0	0
24.6000	1.0008e+03	72	2.4000	7	0	1	0	0
26.4000	999.6000	67	3.3000	6	0	1	0	0
25.8000	1.0028e+03	63	2	9.2000	0	1	0	0
21.9000	1.0028e+03	72	3.2000	44.9000	0	1	0	0
15.9000	1.0114e+03	78	2.9000	51	0	1	0	0
12.3000	1.0119e+03	81	2.3000	52	0	1	0	0
5.6000	1.0154e+03	78	3.2000	69.8000	0	1	0	0

Şəkil 2. Birinci iterasiyadan əvvəl yaxınlaşma matrisinin xarici görünüşü

Beləliklə, yaxınlaşma matrisinin ölçüsü  $n \times p$ -yə bərabərdir. Burada  $n$  – müşahidələrin sayı,  $p = m + 2 + f$ ,  $m$  – arqumentlərin sayı,  $f$  – növbəti iterasiyada seçilmiş ən yaxşı modellərin sayıdır.

İterasiyaların hamısında bütün modellər eyni bir funksiyanın köməyiylə hesablanır. Bu funksiyanın arqumentləri qismində ardıcıl seçim və yerinə qoymaq yolu ilə bütün matrisin verilənləri istifadə olunur. Baxılan halda istifadə olunan funksiya aşağıdakı kimidir:

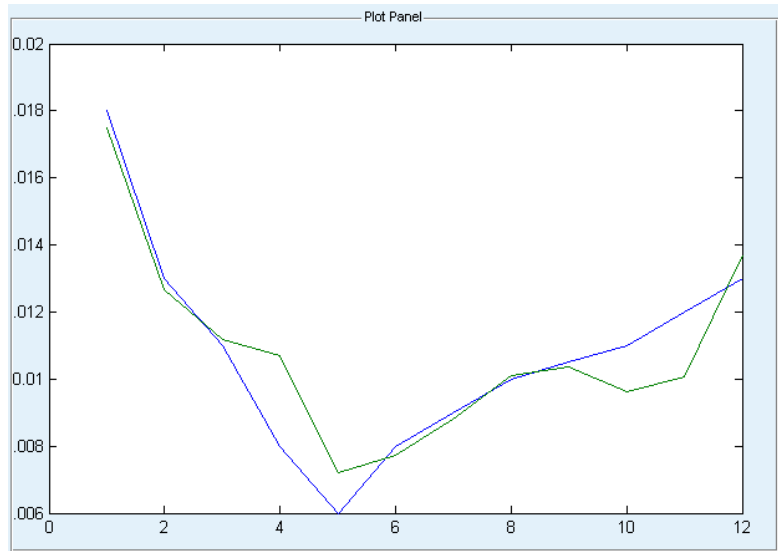
$$X = x_i + x_j \times x_k \text{ və ya } X = [x_i \ x_j \times x_k] \quad (1)$$

Burada  $x_i, x_j, x_k$  ( $i, j, k = 1, \dots, p$ ) – matrisin  $i$ -ci,  $j$ -ci və  $k$ -cı sütunlarının qiymətləridir.

Onda  $\hat{Y}$  modellərini  $\hat{Y} = A \times X$  və ya  $\hat{Y} = A_1 \times x_i + A_2 \times x_j \times x_k$  şəklində göstərmək olar.  $A = [A_1 \ A_2]$  əmsalları  $A = (X' \times X)^{-1} \times X' \times Y$  kimi hesablanır. Burada  $X'$  matrisi –  $X$ -in transponirə edilmiş qiymətləri,  $Y$  – seçilmiş atmosfer çirkləndiricisinin (monitorinq veriləninin) qiymətidir.

Sonra ən kiçik kvadratlar üsulunun köməyiylə qiymətləri  $\hat{Y}^2 - Y^2$  fərqinin minimal qiymətinə, yəni monitorinq verilənlərinə ən yaxın olan  $f$  sayda model seçilir. Bu modellərin qiymətləri matrisin sonuncu  $f$  sayda sütununa yazılır və növbəti sıradan olan (növbəti iterasiyanın) modellərin hesablanmasında istifadə olunur.

(1) funksiyanın köməyiylə alınmış bu modellər faktiki olaraq polinom olduğundan hər iterasiyadan sonra polinomun dərəcəsi, onun hədlərinin sayı və nəticədə isə, modelin mürəkkəbliyi artır. Artıq bir neçə iterasiyadan sonra polinomun hədlərinin sayı bir neçə yüzə çatır. Beləliklə, alınmış modeli analitik şəkildə tam əyani göstərmək mümkün olmasa da, o, kompüter proqnozlaşdırılması üçün kifayət edir. Proqram işə başlamazdan əvvəl iterasiyaların sayını və ya tələb olunan modelləşdirmə dəqiqliyini vermək olur. Lazım olan dəqiqliyə çatdıqdan sonra proqramın icrası sona çatır. Şək. 3-də modelləşdirmə pəncərəsinin xarici görünüşü verilmişdir. Pəncərədə real monitorinq verilənləri və alınmış modelin qiymətləri qrafik şəkildə təqdim olunmuşdur. Proqram MATLAB proqramlaşdırma dilində yazılmışdır. Proqramın praktiki istifadəsi modelləşdirmə xətasının 5 %-dən, alınmış model əsasında proqnozlaşdırma xətasının isə 10 %-dən az olduğunu göstərmişdir.



Şəkil 3. Modelləşdirmə pəncərəsinin xarici görünüşü

Süleymanov T.İ., Mustafazadə N.X.

## ƏDƏBİYYAT

- 
1. Mustafazadə N.X. Abşeron yarımadasında atmosfer çirklənməsinin monitorinqi, modelləşdirilməsi və proqnozlaşdırılmasının aparılması üçün proqram kompleksinin işlənilməsi // МАКА-nın xəbərləri. 2017, cild 20, №3 (20), s. 28-33.
  2. Сулейманов Т.И., Мустафазаде Н.Х., Гулузаде Р.К. Обработка данных мониторинга атмосферных загрязнений города Баку // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. №10. М.: 2016, с. 41-45.
  3. Мамедов М.И., Гулузаде Р.К., Мустафазаде Н.Х. Применение метода группового учета аргументов для обработки данных мониторинга загрязнения атмосферы // Известия АНАКА. 2015. Том 18, №3, с. 40-44.

#### РЕЗЮМЕ

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ Г.БАКУ

*Сулейманов Т.И., Мустафазаде Н.Х.*

**Ключевые слова:** атмосфера, загрязнение, мониторинг, алгоритм, моделирование, прогнозирование

В статье описывается новая программа для моделирования атмосферного загрязнения г.Баку. Особенностью программы является возможность выбора переменного числа аргументов для моделирования различных загрязнителей. Приводятся алгоритм программы и графический интерфейс окна моделирования.

#### SUMMARY

#### MODELING OF AIR POLLUTION IN BAKU CITY

*Suleymanov T.I., Mustafazade N.Kh.*

**Key words:** atmosphere, pollution, monitoring, algorithm, modeling, forecasting.

In the article, the new program for modeling of air pollution in Baku city is described. A special feature of the program is the possibility of choosing a variable number of arguments for modeling various pollutants. The algorithm of the program and graphic interface of modeling window are given.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	06.04.2018
	Son variant	25.06.2018

UOT 619:616.9-036.22

## BİOLOJİ SINAQ TƏCRÜBƏSİ ZAMANI QAZ BALALARININ QANQULETERAKİS YUMURTALARI İLƏ YOLUXDURMA XÜSUSİYYƏTİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

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

<sup>1</sup>HÜSEYNOV RAFİQ ƏZİZƏĞA oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1-dosent, 2-müəllim

[rafiq.huseynov.59@mail.ru](mailto:rafiq.huseynov.59@mail.ru)

*Açar sözlər: natrium qələvisi, qaz, təsərrüfat, helmint yumurtaları, spontan yoluxma*

**Giriş.** Respublikada heyvandarlığın və quşçuluğun bol yem ehtiyatını yaratmaq üçün təbii yem sahələrinin elmi əsaslarla ətraflı öyrənilməsi hesabına mədəni otlaqların yaradılması, mövcud biçənək və otlaqların məhsuldarlığının artırılması, mühafizəsi, təbii bərpaş ən aktual məsələlərdən biri sayılır.

Son illərdə kənd təsərrüfatında aqrar islahatların aparılması nəticəsində yeni təsərrüfat formaları yaradılmışdır ki, bu da quşçuluğun inkişafına öz müsbət təsirini göstərmişdir. Fərdi və özəl təsərrüfatlarda quşçuluğun, o cümlədən suda üzən quşların xəstəliklərinin öyrənilmə səbəbləri, onlara qarşı mübarizə tədbirlərinin işlənilib hazırlanması və xəstəliklərin qarşısının alınması əsas məsələlərdən biridir.

Heyvandarlıq və quşçuluğun intensiv inkişaf etdirilməsi məqsədilə damazlıq seleksiya işləri, xəstəliklərə qarşı kompleks mübarizə tədbirləri işlənilib hazırlanır və təsərrüfatlara tətbiq olunur. Heyvandarlığın və quşçuluğun inkişafına, məhsuldarlığın artırılmasına respublikanın bütün bölgələrində geniş yayılmış parazitər xəstəliklər böyük iqtisadi ziyan vurur. Belə ki, yoluxmuş heyvan və quşlarda məhsuldarlığın kəskin azalması, məhsulun keyfiyyətinin pisləşməsi, xəstəliyin ağır gedişində, xüsusən cavan heyvan və quşlar arasında ölüm baş verir.

Əhalinin quş ətinə və quş məhsullarına olan tələbatını ödəmək üçün respublika ərazisində çoxsaylı quşçuluq təsərrüfatları yaradılmışdır. Bu məqsədlə məhsuldar ev qazı (Anser anser dom.) və ev ördəyi (Anas platherhynchos dom.) yetişdirilən təsərrüfatlar xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Belə təsərrüfatlarda məhsuldarlığın artırılması, ördək və qaz cinslərinin seçilməsi, saxlanması, keyfiyyətli qida məhsulları istehsal edilməsi ilə yanaşı, quşçuluğa daha ciddi zərər vuran helmintozların (qurd xəstəliklərinin) öyrənilməsi çox vacibdir.

Son dövrlərə qədər quşların helmintozlarına qarşı kimyəvi preparatlar bitki qarışıqları ilə birlikdə tətbiq edilmişdir. Kimyəvi preparatların tətbiqi parazit qurdlara təsir göstərməklə yanaşı, quşların orqanizmində də ciddi dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Ona görə də helmintozlara qarşı yüksək müalicə təsiri olan, ekoloji cəhətdən mənfi təsir göstərməyən vasitələrin axtarışı çox aktual məsələlərdən biridir. Bu məqsədlə ölkə ərazisində geniş yayılan və iqtisadi cəhətdən daha səmərəli anthelmint xüsusiyyətlərə malik bitkilərin tətbiqi böyük maraq doğurur.

Quşçuluğa ziyan vuran qarışıq invaziyaaların öyrənilməsi aktual problemlərdən biridir. Son dövrlərdə Azərbaycanda fərdi qaz və ördək təsərrüfatlarının yaradılması ilə əlaqədar olaraq vaxtaşırı müalicə və profilaktika tədbirlərinin həyata keçirilməsinə baxmayaraq, helmintozlar bu təsərrüfatlarda hələ də geniş yayılmaqdadır [3,4].

**Material və metodlar.** Tədqiqatlar 2014-2015-ci illərdə Biləsuvar rayonu Nəsimi kəndində yerləşən fərdi təsərrüfatdan 25 günlük qaz balalarından götürülmüş kal nümunələri Fülleborn üsulu ilə BETİ-nun parazitologiya laboratoriyasında analiz edilmişdir.

**Alınan nəticələrin müzakirəsi.** Biləsuvar rayonunun Nəsimi kəndindəki fərdi təsərrüfatında natrium qələvisinin 5%-li məhlulunun helmint yumurtalarına məhvedici təsirini öyrənmək üçün sınaq təcrübələri aparılmış və bu məhlulun qısa müddət ərzində qanquleterakis yumurtalarına daha tez dezinvaziyaedici təsir etdiyi müəyyən edilmişdir. Həmçinin sınaq təcrübəsi zamanı dezinvazyadan sonra qanquleterakis yumurtalarının qaz balalarını yoluxdurma qabiliyyətinə malik olub-olmaması halları da müəyyən edilmişdir.

Fərdi təsərrüfat sahəsində saxlanılan Anser anser domesticus cinsindən olan bir günlük qaz balaları 25 günlüyə qədər xüsusi otaqda, dəmir qəfəslərdə, optimal temperatur şəraitində saxlanılaraq böyüdülmüşdür. Onların təcrübə dövründə helmint yumurtaları ilə spontan yoluxmasının qarşısını almaq üçün qəfəslər, yem və su qabları, döşəmə hər gün təmizlənmişdir [1, 2].

Təcrübə dövründə bütün qruplarda olan qaz balaları eyni tərkibli yemlə yemləndirilmişdir. Təcrübələr hər birində 10 qaz balası olmaqla 3 qrupa ayrılmış qruplar üzərində aparılmışdır. 1-ci qrupdan olan qaz balaları kontrol kimi saxlanılmış, yoluxdurulmamış, 2-ci qrupdan olan qaz balaları 200 ədəd invazion qanquleterakis yumurtaları ilə yoluxdurulmuşdur. 3-cü qrupda isə natrium qələvisinin 5%-li məhlulu ilə dezinvaziya edilmiş sahədən toplanmış zıllar qaz balalarının ayağının altına döşənmişdir. 3-cü qrupda olan qaz balalarının yoluxdurulması aşağıdakı qaydada aparılmışdır: əvvəlcə yoluxmuş sahənin müxtəlif yerlərindən 10 nümunə götürülmüş və Darlinq-Fülleborn üsulu ilə yoluxmanın olduğu bir daha müəyyənləşdirilmişdir. 5%-li natrium qələvisi ilə 1 m<sup>2</sup> sahə dezinvaziya edilmiş, 3 saatlıq ekspozisiyadan sonra təcrübə sahəsindən toplanmış zıllar təcrübə quşlarının ayağının altına döşənmiş və qaz balaları 3 gün həmin döşəmədə saxlanılmışdır. 3 sutkadan sonra döşəmə zıllardan təmizlənmişdir [1].

İnkubasiya dövrünü nəzərə alaraq, qaz balalarını yoluxdurduqdan 28 gündən sonra onların zılı ayrı-ayrı yığılmış və 5 gün müayinə edilmişdir. Yoluxdurulmamış (nəzarət) qaz balalarının zılında qanquleterakis yumurtalarına rast gəlinməmişdir. 200±6 helmint yumurtaları ilə yoluxdurulmuş qaz balaları kliniki əlamətlərə görə sağlam qaz balalarından bir o qədər də fərqlənməmişdir. Lakin qaz balalarından bir neçəsi öldürülmüş və onların kor bağırsağında qanquleterakislərə (3-6 ədəd) təsadüf edilmişdir. Xəstə qaz balaları arasında ölüm olmamışdır.

**Cədvəl.**

*5%-li natrium qələvisi ilə dezinvazyadan sonra bioloji sınaqtəcrübələrin nəticələri*

Qruplar	Yoluxdurulmuş qaz balalarının sayı	Yoluxmadan sonra aparılan müayinələrin nəticələri				
		26-cı gün	27-ci gün	28-ci gün	29-cu gün	30-cu gün
1-ci qrup (nəzarət yoluxdurulmamış)	10	-	-	-	-	-
2-ci qrup (nəzarət yoluxdurulmuş)	10	+	+	+	+	+
3-cü qrup (5%-li natrium qələvisi ilə dezinvaziya edilmiş qanquleterakis yumurtaları ilə yoluxdurulmuş)	10	-	-	-	-	-

Koproloji müayinələr nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, 5%-li natrium qələvisi ilə dezinvaziya edilmiş ərazidə saxlanan quşlar qanquleterakis yumurtaları ilə yoluxmamışlar. Nəhayət, müəyyən edilmişdir ki, natrium qələvisinin 5%-li məhlulundan təsərrüfatlarda dezinvaziya məqsədi ilə geniş miqyasda istifadə etmək olar.

Xəstəliklərin vaxtında müəyyən edilməsi və ona qarşı müalicə-profilaktika tədbirlərinin aparılması çox vacibdir və təsərrüfatlara dəyən iqtisadi zərərin vaxtında qarşısının alınması mümkündür.



### ƏDƏBİYYAT

1. Qurbanov F.Ş. Kimyəvi maddələrin helmint yumurtalarına təsirinin öyrənilməsi / Azərbaycan Elmi-Tədqiqat Baytarlıq İnstitutunun yaradılmasının 100 illik yubileyinə həsr edilmiş Beynəlxalq elmi konfransın materialları. Bakı: Nərgiz-R, 2002, s.185-189.
2. Rzayev F.H. Azərbaycanda ev su quşlarının helmint faunası və əsas helmintozları / “Tətbiqi biologiyanın problemləri” mövzusunda Respublika elmi konfransının materialları, Bakı, 2007, s. 230-231.
3. Аракелова Н.Т., Троицкая Е.В. Организация дезинфекционных барьеров в животноводстве // Ветеринария. Москва, 2009, № 4, с.14-15.
4. Rzayev F.H. Ev su quşlarının helmint faunası və müsir durumuna bəzi ekoloji amillərin təsiri // AMEA-nın Xəbərləri “Biologiya elmləri”, 2008., с. 65, № 5-6, s.114-120.

### РЕЗЮМЕ

#### ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНФИЦИРОВАНИЯ ГУСЯТ ЯЙЦАМИ QANQULETERAKIS ВО ВРЕМЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ИСПЫТАНИЯ

*Агаева З.Т., Гусейнов Р.А.*

**Ключевые слова:** щелочь натрия, гусь, ферма, яйца гельминтов, спонтанное инфицирование  
Испытание проводилось в частных хозяйствах села Насими Билясуварского района. Было установлено, что 5% раствор щёлочи убивает яйца qanquleterakis dispar.

### SUMMARY

#### THE STUDY OF FEATURES GOSLINGS WITH QANQULETERAKIS EGGS INFECTION DURING BIOLOGICAL TESTING

*Aghaeva Z.T., Huseynov R.A*

**Key words:** sodium bicarbonate, goose, farm, eggs of helminths, spontaneous infection.  
The test was conducted in private farms of Nasimi village of Bilasuvar district. It was found that 5% alkali solution kills eggs of qanquleterakis dispar.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	29.03.2018
	Son variant	25.06.2018

UOT 62-5

## KONSERVATİV MƏNTİQ ÜZRƏ MAQNİT TƏLƏSİ VƏ SPİN VENTİLLƏRİ MODELƏRİNİN TƏDQIQI

<sup>1</sup>MƏNSUROV QADİR MƏMMƏD oğlu,<sup>2</sup>QULİYEVA LEYLA İLHAM qızı

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

[dr.ing.mansurov@mail.ru](mailto:dr.ing.mansurov@mail.ru)

**Açar sözlər:** konservativ məntiq, fiziki model, təkrarlayıcı, Fredkin ventili, Toffoli ventili, kvant nöqtəsi, maqnit tələsi, spin ventili.

Məqalədə maqnit tələsi və spin ventili əsasında konservativ məntiqi reallaşdırmaq üçün kvant nöqtənin imkanları göstərilir. Göstərilir ki, zəif maqnit sahəsinin ( $\approx 1.75Tl$ ) təsirinin istiqamətindən asılı olaraq, spin ventillərin kvant nöqtədə istiqamətlənməsi AND NOT və OR NOT məntiqi funksiyaları reallaşdırmaq imkanına malikdir.

Konservativ məntiq kod çevirmələrinin aparılması üzrə təklif olunan riyazi modellərdən biridir [1,2]. Modeldə dinamik saxlanma qanunlarından və proseslərin dönən olmağı prinsipindən istifadə olunur. Konservativ modelin tərtib olunmasında təkrarlayıcı elementin, Fredkin və Toffoli ventillərinin xassələrindən istifadə olunur [3].

Təkrarlayıcı (*unit wire*) girişinə verilən siqnalı bir takt müddətdə ləngidən və çıxışında təkrarlayan qurğuya deyilir:  $y(t) = x(t - 1)$ . Təkrarlayıcının çıxışı girişi ilə qapandıqda o, siqnalı mühafizə xassəsinə də malik olur. Təkrarlayıcının əsas funksiyası siqnalın ötürülməsini takt generatorunun impulsları vasitəsi ilə sinxronlaşdırmaqdan ibarətdir. Məntiqi sxemlərin işləməsinin takt tezliyi də təkrarlayıcının işləmə sürəti ilə təyin olunur.

Təkrarlayıcıya əks olan qurğu da təkrarlayıcıdır və bu halda təsiredici siqnal çıxışa təsir göstərir, bir takt ləngimə ilə girişindən götürülür. Təkrarlayıcı element dönən fiziki proses əsasında yaradılsa, enerji itkisi olmadan əks-proseslə ilkin vəziyyətə qaytarıla bilər.

Fredkin ventili (*cnot*) üç girişə və üç çıxışa malik məntiqi qurğudur. Girişlərdən biri idarəedici adlanır və onun siqnalı olduğu kimi çıxışa ötürülür. Digər iki girişin ötürülməsi isə idarəedicinin siqnalından asılıdır. Belə ki, idarəedicinin siqnalı məntiqi “0” olduqda hər iki giriş olduğu kimi ötürülür, məntiqi “1” olduqda isə girişlər çarpaz dəyişdirilərək ötürülür. Məntiqindən görüldüyü kimi, ventilin çıxışının məntiqi nəticəsi onun giriş məntiqini birqiyəmli təyin etməyə imkan verir. Fredkin ventili dönən prosesə uyğun qurğudur, qurğuda dönən fiziki proses istifadə olunarsa, enerji itkisi minimum olar və ventillər daha yüksək tezliklərdə istifadə oluna bilər.

Toffoli ventili (*ccnot*) üç girişə və üç çıxışa malik məntiqi qurğudur. Girişlərdən ikisi idarəedici adlanır və onların siqnalı çıxışa olduğu kimi ötürülür:  $y_1 = x_1$ ;  $y_2 = x_2$ .

Üçüncü girişin çıxışının məntiqi isə belədir: idarəedici girişlər məntiqi vahid olduqda üçüncü giriş inkar məntiqi ilə, digər təsiredici siqnallarda isə olduğu kimi ötürülür:  $y_3 = x_3 \text{ xor } (x_1 \text{ and } x_2)$ .

Məntiqindən görüldüyü kimi, Toffoli ventili də dönən prosesə uyğun qurğudur və Fredkin ventilinə nisbətən daha universaldır. Giriş dəyişənlərin qiymətlərindən asılı olaraq onun vasitəsi ilə *not*, *and*, *xor* məntiqi funksiyaları reallaşdırılır. Ədəbiyyatlarda qeyd olunur ki, *not* və *cnot* ventilləri *ccnot* ventilin xüsusi hallarıdır [4].

Təkrarlayıcının, Fredkin və Toffoli ventillərinin məntiqindən görüldüyü kimi, onlar əsasında yaradılan konservativ məntiqi sxemlər siqnal istiqamətləndiricisi funksiyasını yerinə yetirir. Giriş siqnalları çıxışa şərtlə istiqamətləndirilir. Çıxış siqnalları bir takt əvvəlki giriş siqnallarının şərtə uyğun yerinin dəyişdirilməsinin nəticəsidir. Onlar əsasında sintez olunan məntiqi sxemlərin girişlərinin sayı çıxışlarının sayına bərabərdir və kod çevirməsi zamanı məntiqi vahid və sıfırların sayı dəyişməz qalır. Bu ona imkan verir ki, kod çevirməsi digər üsullarla müqayisədə daha az enerji sərfi ilə baş versin.

Fredkin və Toffoli ventillərini reallaşdırma bilən bir çox fiziki modellər təklif olunmuşdur [5,6,7]. Konservativliyin təmin olunması üçün atom ölçülü sistemlərə - kvant keçidləri olan sistemlərə üstünlük verilir və bu istiqamətdə araşdırmalar davam etdirilir [6,7].

Kvant keçidləri ehtimal olunan və dönən proseslərdir. Kvant hallara uyğun çevirmələr unitar (enerji sərf olunmur) olduğundan və çevrilmə prosesində superpozisiya pozulmadığından informasiyanın emalı, ötürülməsi və mühafizəsində kvant proseslər əsasında reallaşdırılan konservativ məntiqdən istifadə daha əlverişlidir [8]. Xüsusilə, iki kvant halı olan fiziki sistemlərdən istifadə, o cümlədən - atomun enerji səviyyəsinin iki kvant halından, fotonun qarşılıqlı perpendikulyar polyarlaşmış iki halından, ifrat keçirici mühitdə elektronun qoşalaşmış halının xarici təsirlə parçalanmış iki halından istifadə üzrə modellərin təhlili göstərir ki, kvant obyektlərin halının dəyişməsi əsasında yaradıla bilən kvant ventil elementlərindən istifadə etdikdə kod çevirmələri mövcud klassik üsullarla müqayisədə daha yüksək tezliklərlə və daha az enerji itkisi ilə aparıla bilər [9-13].

Kvant ventili reallaşdırma bilən çoxlu sayda fiziki sistemlər olsa da, onlardan istifadə etmək müəyyən şərtlərin yerinə yetirilməsini tələb edir. Belə tələblərə aşağıdakıları nümunə göstərmək olar:

- Həm ventillər biri-biri ilə, həm də ətrafdakı obyektlərlə qarşılıqlı təsirdən izolyasiya olunmalıdır;
- Cüt-cüt götürülmüş ventillərin hər birinə seçici xarici təsir mümkün olmalıdır;
- Ventilin məntiqinə uyğun müxtəlif növ seçici xarici təsir eyni zamanda mümkün olmalıdır;
- Unitar çevirmələr zamanı dəqiqlik tələb olunan astana qiymətini aşmamalıdır;
- İstifadə olunan ventillər bazis təşkil etməlidir ki, digər məntiqə uyğun ventillər onlar vasitəsi ilə reallaşdırıla bilsin və s.

Qeyd olunan fiziki sistem nümunələri üçün xarakterik cəhət ondan ibarətdir ki, hər bir kvant yuvası (*q-bit*) eyni zamanda iki hala malikdir. Bu səbəbdən, *n*- sayda kvant yuvasından ibarət sistemə *n*-uzunluğa malik  $2^n$ -sayda ikilik ədəd yazmaq mümkündür. Kvant bitləri biri-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olur. Qarşılıqlı əlaqədə olan kvant bitləri kvant registrini əmələ gətirir. Belə registrin hər hansı bitinin halının dəyişməsi digərlərinin də halının dəyişməsinə səbəb olur. Kvant registrini əmələ gətirən bitlərin qarşılıqlı əlaqəsi nəticəsində registrdə kod çevirməsi eyni zamanda bütün bitlər üzərində aparılır. Bu hadisə kvant paralelizmi adlanır [14,15].

Adi kod çevirmələri ilə müqayisədə kvant kod çevirməsi prosesində kvant halları superpozisiyasından da istifadə olunduğundan çevirmənin sürəti bir neçə tərtib yüksəlir ki, bu da tam olmayan məsələlərin həllinin polinomial müddətdə tapılmasına imkan yaradır.

Kvant hallar virtual formada klassik informasiya mühafizə edir. Bu səbəbdən kvant registrinin son halının, klassik halda olduğu kimi, qeyd olunması mümkündür.

Kvant ventili reallaşdırma fiziki sistemlərdən sadəsi maqnit və elektrik tələlərindən istifadə etməklə atom və ionların qarşılıqlı təsirdən izolyasiya etmək, ventil kimi onların enerji səviyyələrindən istifadə olunmasını təmin etmək ola bilər [16]. Belə tələlər vasitəsi ilə atom və ya ionlar bir saat müddətə qədər saxlanıla bilər, onların rəqsi hərəkətlərini isə lazer şüalarının köməyi ilə söndürmək mümkündür. Təsiredici lazer impulsunun davam müddətini və tezliyini seçməklə, əsas və həyəcanlanmış səviyyələrin tələb olunan superpozisiyasını təşkil etmək

mümkün olur. Beləliklə, ayrıca götürülmüş ionu idarə etmək mümkündür. Tələyə eyni zamanda bir-birlərindən mikron məsafədə yerləşən iki və daha çox ion da yerləşdirmək mümkündür ki, onların da hər birinin halı ayrılıqda idarə olunur. İonların qarşılıqlı təsirini yaratmaq üçün bir neçə lazerin köməyi ilə periodik təkrarlanan potensial sahə yaradılır və atomların birinin həyəcanlandırılması potensial sahə vasitəsi ilə (kristal qəfəsdə olduğu kimi) digərlərinə ötürülür.

Ədəbiyyatlarda müzakirə olunan məsələlərdən biri spin kvant ventillərinin yaradılması ilə bağlıdır [7,17].

Məlumdur ki, atom sistemində elektron kvant ədədlərlə təyin olunan dörd sərbəstlik dərəcəsinə malikdir: n-elektronun enerjisini təyin edən baş kvant ədədi; l- nüvə ətrafında hərəkət edən elektronun orbital momentinin mütləq qiyməti; m- orbital momentin hər hansı ox istiqamətində proyeksiyası; s- elektronun məxsusi fırlanma momenti (spin). Kvant təsəvvürlərə görə, elektronun spini hər hansı ox istiqamətində iki qiymət ala bilər:  $s_z = -\hbar/2$  və  $s_z = \hbar/2$ .

Burada  $\hbar \approx 1.054 \cdot 10^{-34} \text{ C} \cdot \text{san}$  Plank sabitidir. Başqa sözlə, atom sistemində verilmiş enerji səviyyəsində dörd kvant ədədi eyni olan iki elektron ola bilməz (Paulu prinsipi). Elektron elektrik yükünə malikdir və spinə müvafiq məxsusi maqnit momentinə də malikdir:

$\mu_b = \frac{e\hbar}{2mc} \approx 0.927 \cdot 10^{-23} \text{ C} \cdot \text{Tl}^{-1}$  - Bor maqnetonu adlanır. Elektronun məxsusi maqnit momenti spinə əks istiqamətlərə yönəlir və müvafiq olaraq  $-\mu_b$  və  $+\mu_b$  kimi iki diskret qiymət alır.

Qeyd olunan diskret hallar əsasında atom səviyyəli məntiqi ventil elementlərin (spin kvant ventili) yaradılması istiqamətində araşdırmalar aparılır. Göstərilir ki, atom sistemində elektronu lokallaşdırmaq və halını idarə etmək üçün yarımkeçirici struktur olan və nanotexnologiya əsasında sintez olunan  $\approx 1 \text{ nm}$  ölçülü kvant nöqtələrdən istifadə oluna bilər [7,18]. Belə ki, kvant nöqtələr üçün elektronun hərəkəti hər üç istiqamət üzrə lokallaşır, enerji spektri isə atomlarda olduğu kimi diskretdir. Yarımkeçirici struktur isə imkan verir ki, valent zonanın elektronlarla tutulması, keçirici zonanın isə boş olması şəraiti yaradılsın. Kvant nöqtə məxsusi maqnit momentləri olmayan atomlardan təşkil olunduğu belə şəraitdə spin və maqnit momentinə malik deyil. Bu vəziyyətdə kvant nöqtəyə elektron əlavə olunarsa (nanotexnologiya kvant nöqtəyə artıq elektronun yerləşdirilməsi imkanına malikdir), bu elektron keçirici zonanın dibində vakant yeri tutar. Nəticədə, kvant nöqtə məxsusi maqnit momentinə malik olar. Beləliklə, kvant nöqtənin idarə oluna bilən iki halı mümkün olur: spinə (maqnit momentinə) malik olan və olmayan halları. Bu hallara uyğun sintez olunan ventil quruluşu spin kvant ventili adlanır. Bir neçə spin kvant ventil əsasında məntiqi funksiyaları reallaşdırıla bilən sxemlər sintez olunur:

- Sistem qarşılıqlı təsirdə olan və vakant elektronu olan iki kvant nöqtədən ibarətdir. Qarşılıqlı təsirin enerjisi kvant nöqtələrin ölçüləri, materialı və spinləri əsasında qiymətləndirilir. Enerjinin minimum olması prinsipinə görə, kvant nöqtələrin maqnit momentləri biri-birinin əksinə yönəlir. Kvant nöqtənin birini giriş, digərini çıxış kimi qəbul etsək, belə quruluş NOT funksiyasının məntiqini reallaşdırıla bilər;

- Sistem qarşılıqlı təsirdə olan və vakant elektronu olan üç kvant nöqtədən ibarətdir. Kvant nöqtələrdən ikisini giriş ( $s_1, s_2$ ), birini isə çıxış ( $s$ ) kimi şərtləndirək. Sistemin qarşılıqlı təsir enerjisinin minimum olması prinsipinə əsasən spinlərin mümkün düzülüşləri və uyğun məntiqi halları cədvəl 1-də göstərildiyi kimi olar.

Cədvəl 1-dən göründüyü kimi, giriş kvant nöqtələri üçün spinlərin əks-istiqamətli halında ( $\downarrow\uparrow$  və ya  $\uparrow\downarrow$ ) çıxış kvant nöqtənin spininin istiqaməti müəyyən deyil. Çıxış kvant nöqtənin spini eyni ehtimalla yuxarı və ya aşağı yönəli bilər.

Cədvəl 1					
Spinlərin istiqamətləri			Məntiqi hallar		
$s_1$	$s_2$	$s$	$x_1$	$x_2$	$y$
↓	↓	↑	0	0	1
↓	↑	?	0	1	?
↑	↓	?	1	0	?
↑	↑	↓	1	1	0

Qeyd olunan qeyri-müəyyənlik kvant nöqtələri sisteminə xarici təsirlə aradan qaldırıla bilər. Məsələn: tutaq ki, sistem induksiyası  $\vec{B}$  olan maqnit sahəsində yerləşdirilib. Bu sahənin elektronun məxsusi maqnit momenti ilə qarşılıqlı təsir enerjisi  $W = -(\mu \cdot B)$  kimi ifadə olunur. Spinlərin öz aralarında qarşılıqlı təsir enerjisi isə  $W(s_1, s_2) = k(s_1 \cdot s_2)$  kimi ifadə olunur. İfadədə  $k$  kvant nöqtənin maddəsi və ölçüsünə müvafiq sabit ədəddir. Qarşılıqlı təsir enerjiləri üçün  $W < W(s_1, s_2)$  şərti daxilində (maqnit sahəsi güclü deyil və spinlərin orientasiyasına təsir etmir), çıxış kvant nöqtənin spininin düzülüşündəki qeyri-müəyyənliklər aradan qalxır (cədvəl 2). Belə ki, qeyri-müəyyənlik hallarında (cədvəl 1) giriş kvant nöqtələrin spinləri əks-istiqamətə yönəlir, qarşılıqlı təsir enerjisi mənfidir ( $-ks^2$ ) və sistem dayanıqlıdır. Giriş kvant nöqtələrin maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsir enerjiləri də kompensasiya olunur ( $-\mu B + \mu B$ ). Maqnit sahəsi təsir göstərmədikdə çıxış kvant nöqtəsinin spini eyni ehtimalla hər iki istiqamətə yönələ bilər. Maqnit sahəsində sistemin dayanıqlı qalması üçün sahə ilə çıxış kvant nöqtəsinin qarşılıqlı təsir enerjisi  $W = -\mu B$  sistemin ümumi enerjisini azaltmalıdır. Bu səbəbdən çıxış kvant nöqtəsinin spini cədvəl 2-də göstərilən istiqamətə yönəlir və məntiqi hallar *AND NOT* məntiqini ifadə edir.

Cədvəl 2						
Maqnit sahəsi	Spinlərin istiqamətləri			Məntiqi hallar		
	$s_1$	$s_2$	$s$	$x_1$	$x_2$	$y$
$\vec{B}$ ↑↑	↓	↓	↑	0	0	1
	↓	↑	↑	0	1	1
	↑	↓	↑	1	0	1
	↑	↑	↓	1	1	0

Tələb olunan maqnit induksiya vektorunu elektronların spin-spin qarşılıqlı təsir enerjisində müvafiq qiymətləndirmək olar. Elektronlar üçün spin-spin qarşılıqlı təsir enerjisinin qiyməti  $(10^{-4} \div 10^{-5})eV$  təşkil edir. Onda

$$B < \frac{W}{\mu_B} = \frac{10^{-4} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{0,927 \cdot 10^{-23}} \approx 1,75Tl.$$

Göründüyü kimi, tələb olunan maqnit sahəsinin induksiyası böyük deyil və adi maqnit materiallar əsasında reallaşdırıla bilər.

Maqnit induksiya vektorunun istiqaməti *AND NOT* məntiqini reallaşdırın halın əks-

istiqaətınə yönəldilərsə, çıxış kvant nöqtəsinin məntiqi halları *OR NOT* məntiqini reallaşdırar (cədvəl 3).

Cədvəl 3						
Maqnit sahəsi	Spinlərin istiqamətləri			Məntiqi hallar		
$\vec{B}$ $\Downarrow$	$s_1$	$s_2$	$s$	$x_1$	$x_2$	$y$
	↓	↓	↑	0	0	1
	↓	↑	↓	0	1	0
	↑	↓	↓	1	0	0
	↑	↑	↓	1	1	0

Təqdim olunan işdə maqnit tələsi və spin ventilləri əsasında yaradıla bilən konservativ məntiq üzrə fiziki modellərin imkanları araşdırıldı. Kvant ventillərindən istifadə üzrə bir çox məsələlərin həllinin gələcəkdə araşdırılması planlaşdırılır. O cümlədən kvant ventillərinin idarə olunmasının və onlar arasında informasiya mübadiləsinin optik üsullardan istifadə olunmaqla təşkili üzrə araşdırmaların aparılması planlaşdırılır.

Kvant ventillərinin təhlili üzrə araşdırmalar göstərir ki, iki kvant halı olan fiziki sistemlərin halının dəyişməsi əsasında yaradıla bilən kvant ventili elementlərdən istifadə etdikdə kod çevirmələri mövcud klassik üsullarla müqayisədə daha yüksək tezliklərlə və daha az enerji itkisi ilə aparıla bilər.

### ƏDƏBİYYAT

1. Rolf Landauer. Fundamental physical limitations of the computational process. Annals of the New York Academy of Sciences, V. 426, 1985, pp.161-170.
2. Bennett C.H. Notes on the history of reversible computation. IBM J. of Res. & Dev., 1988, V.32, Num.1, pp.16-23.
3. Edward Fredkin and Tommaso Toffoli. Conservative logic. International Journal of Theoretical Physics, V.21, Nos. 3/4, April, 1982, pp. 219-253.
4. Аббас Б.А.А. Методы анализа и диагностирования цифровых устройств (аналитический обзор) / Бағхдади Аммар Авни Аббас, В.И.Хаханов, Е.И.Литвинова // АСУ и приборы автоматики: всеукр. межвед. науч.-техн. сб. Вып.166. Харьков: Изд-во ХНУРЭ, 2013, с.59–75.
5. Маймистов А.И. Обратимые логические элементы – новая область применения оптических солитонов. // Квантовая электроника, 1995, т.22, №10, с.1044–1048.
6. Крупкина Т.Ю., Лосев В.В., Чаплыгин Ю.А. Новые методы построения микроэлектронных цифровых систем с низким энергопотреблением. // Журнал «Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем», 2010, №1, с.308-313.
7. Опенев Л.А. Спиновые логические вентили на основе квантовых точек // Соросовский образовательный журнал, том 6, №3, 2000, с.93-96.
8. Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления // Успехи физических наук, 2005, т.175, №1, с.3-39
9. <http://vivovoco.astronet.ru/vv/papers/nature/calc/calc.htm> – Шарль Г. Бенне, Рольф Ландауэр. Физические пределы вычислений
10. <http://habrahabr.ru/post/113332/> - Консервативная логика

11. Mənsurov Q.M. Konservativ məntiqi dövrlər üçün fiziki modellər // SDU-nun Elmi xəbərlər jurnalı. Təbiət və texniki elmlər bölməsi, 2016, Cild 16, №3, s.43-49
12. Корнев К.К. Эффект Джозефсона и его применение в сверхпроводниковой электронике // Соросовский образовательный журнал, 2001, том 7, №8, с.83-90
13. Гордеева А.В., Панкратов А.Л. Минимизация временных ошибок в БОК устройствах / В кн.: Труды Научной конференции по радиофизике, ННГУ, 2005, с.366-368
14. Nayeem N.M. Online Fault Detection in Reversible Logic / N.M. Nayeem, J.E. Rice // Defect and Fault Tolerance in VLSI and Nanotechnology Systems (DFT). 2011.
15. Нильсен М. Квантовые вычисления и квантовая информация / М. Нильсен, И. Чанг. Пер. с англ. М.: Мир, 2006, 824 с.
16. Тошек П.Э. Атомные частицы в ловушках // Успехи физических наук, 1989, том 158, вып.3, с.451-497
17. Большинов В.В., Столяров В.С., Собанин Д.С., Карпович А.Л., Рязанов В.В. Магнитные переключатели на основе джозефсоновских переходов Nb-PdFe-Nb с магнитомягкой ферромагнитной прослойкой. Письма в ЖЭТФ, 2012, том 95, вып.7, с.408-413
18. Васильев Р.Б., Дирин Д.Н. Квантовые точки: Синтез, свойства, применение. Методические материалы. М.: ФНМ, 2007.- 34с.

#### РЕЗЮМЕ

#### ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ СПИНОВЫХ ВЕНТИЛЕЙ И МАГНИТНОЙ ЛОВУШКИ ДЛЯ КОНСЕРВАТИВНОЙ ЛОГИКИ

*Мансуров Г.М., Кулиева Л.И.*

**Ключевые слова:** консервативная логика, физическая модель, повторитель, вентиль Фредкина, вентиль Таффоли, квантовая точка, магнитная ловушка, спиновой вентиль.

В статье показана возможность квантовых точек для реализации консервативной логики на основе магнитной ловушки и спиновых вентилях. Показано, что в зависимости от действия направления слабого магнитного поля ( $\approx 1.75Tl$ ) расположение спиновых вентилях в квантовых точках имеет возможность реализовать логические функции *AND NOT* и *OR NOT*.

#### SUMMARY

#### RESEARCH OF MAGNETIC TRAP AND SPIN VALVE MODELS ON CONSERVATIVE LOGIC

*Mansurov G.M., Guliyeva L.I.*

**Key words:** conservative logic, physical model, repeater, Fredkin valve, Toffoli valve, quantum dot, magnetic trap, spin valve.

In the article possibility of quantum point is shown for realization of conservative logic on the basis of magnetic trap and spin valve. It is shown that depending on the action of direction of weak magnetic-field ( $\approx 1.75Tl$ ) the location of spin valves in quantum points has the opportunity to realize boolean functions *AND NOT* and *OR NOT*.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	13.03.2018
	Son variant	25.06.2018

UOT 658.5.012.1

## İSTEHSAL SİSTEMLƏRİNİN İMİTASIYA MODELLEŞDİRİLMƏSİ İLƏ TƏDQIQININ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ LAYİHƏLƏNDİRMƏ ALƏTİNİN ARXİTEKTURASININ İŞLƏNMƏSİ

**ƏHMƏDOVA SVETLANA MƏHƏRRƏM qızı**

*Sumqayıt Dövlət Universiteti, baş müəllim*

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

*Açar sözlər: imitasiya modelləşdirilməsi, avtomatlaşdırılmış layihələndirmə aləti, CASE texnologiyaları, çevik istehsal sistemləri*

Müxtəlif təyinatlı istehsal sistemlərinin inkişaf mərhələlərini “qeyri-müəyyənlik dərəcəsi” və tərkibinin “müxtəlifliyi” nöqtəyi-nəzərdən analiz etdikdə onların təkamülünün kifayət qədər sadədən çox mürəkkəb sistemlərə kimi inkişaf mərhələlərinin aşağıdakı ardıcılığının olduğu qənaətinə gəlmək olar: avtomatik xətlər; çevik texnoloji modullar; çevik istehsal sistemləri; kompüterləşdirilmiş inteqrallaşdırılmış istehsallar; virtual istehsallar və b. [1]. Təbiidir ki, istehsal sistemlərinin mürəkkəbliyi artdıqda onların səmərəliliyi yüksəlsə də, layihələndirməyə, tətbiqə və istismara qoyulan tələbatlar mürəkkəbləşir ki, bu da öz növbəsində yeni yanaşmaların, müasir informasiya- kommunikasiya texnologiyalarının istifadəsini aktuallaşdırır.

Məlum olduğu kimi, istənilən obyektin, o cümlədən istehsal sistemlərinin layihələndirilməsi aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir: planlaşdırma; elmi-tədqiqat işləri; layihələndirmə; istehsal və istismar. Elm və texnikanın müasir vəziyyəti, eyni zamanda informasiya- kommunikasiya texnologiyalarının geniş tətbiqi, həmin mərhələlərin hər birinin qismən və ya tam şəkildə avtomatlaşdırılmasına imkan verir. Bu avtomatlaşdırma sistemlərinə aşağıdakıları aid etmək olar: planlaşdırmanın avtomatlaşdırılmış sistemləri (PAS); elmi-tədqiqat işlərinin avtomatlaşdırılmış sistemləri (ETAS); avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri (ALS); istehsalatın avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri (İAİS); texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri (TPAİS); çevik istehsal sistemləri (ÇİS) və statistik tədqiqatların avtomatlaşdırılmış sistemləri (STAS) [1,2,3].

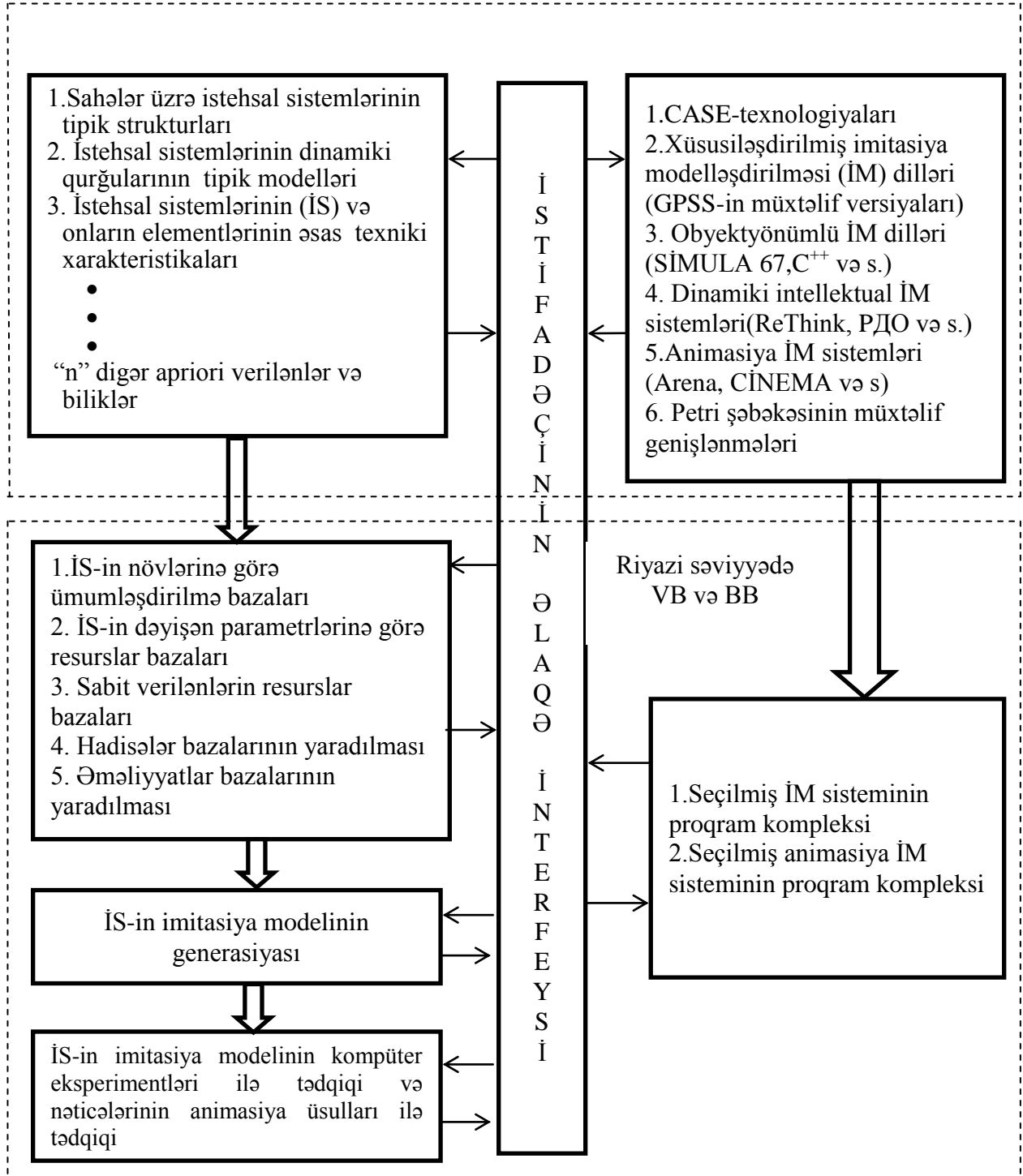
Təcrübə göstərir ki, layihələndirilən obyektin həyat dövrü, yəni istismarda olma müddəti, istismar mərhələsinə qədər mərhələlərin yerinə yetirilmə müddətlərindən birbaşa asılıdır. Belə ki, istismara qədər mərhələlərin avtomatlaşdırma üsulları ilə səmərəli layihələndirilməsi hesabına həmin mərhələlərin müddətlərinin azaldılması obyektin istismar müddətini, yəni həyat dövrünü artırır. Onu da qeyd etmək ki, müxtəlif obyektiv və subyektiv səbəblərdən istismara kimi mərhələlərin layihələndirmə müddətləri süni şəkildə artırılsa, layihələndirilən obyektin fiziki və mənəvi cəhətdən “qocalması”, layihələndirilməsinin və istismarının məqsədəuyğun olmaması prosesi baş verir.

ÇİS şəklində mürəkkəb növlü obyektlərin layihələndirilməsi təcrübəsi göstərir ki, qeyd olunan problemlər onların real istehsallara tətbiqi mərhələsində daha da mürəkkəb xarakter daşıyır. Bu, onunla əlaqədardır ki, ÇİS bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərən çoxsaylı dinamik mexatron qurğular toplusundan təşkil olunur və son nəticəyə nail olmaq üçün real vaxt rejimində fəaliyyət göstərməlidir. Odur ki, layihə edənlərin layihələndirmənin ilkin mərhələlərdəki ideyaları əksər hallarda son mərhələdə, yəni natura ilə realizə olunmuş fiziki modellərin sınaqlarında özünü doğrultmur. Bu isə öz növbəsində nəzərə alınmamış səhvlərin aradan qaldırılması üçün layihə prosedurlarının təkrarən yerinə yetirilməsini və yuxarıda göstəriləyi kimi, layihələndirilən obyektin fiziki və mənəvi cəhətdən “qocalması”nı stimullaşdırır [4].



Göstərilən problemin həlli üçün perspektivli istiqamətlərdən biri də yeni obyektlərin layihələndirilməsinin ilkin mərhələsində müasir avtomatlaşdırma və modelləşdirmə üsullarından istifadə etməklə kompüter eksperimentləri ilə onun yaradılmasının məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsidir.

**Tədqiqat obyekti səviyyəsində VB və BB**



**Şəkil.** *İstehsal sisteminin İM ilə tədqiqinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası*

Məqalədə müxtəlif təyinatlı mürəkkəb istehsal sistemlərinin ilkin layihələndirmə mərhələsində imitasiya modelləşdirilməsi (İM) ilə tədqiqinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsinə baxılır.

Təklif edilən avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası şəkildə göstərilmişdir.

Arxitekturdan görüldüyü kimi, istehsal sistemlərinin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi müxtəlif təyinatlı mütəxəssislərin birgə fəaliyyəti nəticəsində həyata keçirilir. Tədqiqat obyektini səviyyəsində tədqiq olunacaq obyektin struktur modeli seçilmiş sahə üzrə mütəxəssis tərəfindən öyrənilir. Struktur modeldə həmin obyektə daxil olan dinamik qurğuların və köməkçi avadanlıqların tipik modelləri, onların yerinə yetirdiyi funksiyalar, əsas texniki xarakteristikaları və s. öz əksini tapmalıdır. Əksər hallarda İM-dən əvvəl tədqiq olunan obyektin statik analizinin aparılması tələb olunur. Bu proses, haqqında daha ətraflı biliklərin əldə olunmasını və İM-də səhvlərin həcmindən azalmasını təmin etməlidir. Statik analiz nisbətən sadə obyektlərdə yerinə yetirilməsi həmin sahə üzrə texnoloqların və ekspertlərin birgə əməyi nəticəsində həyata keçirilir. Mürəkkəb İS-də statik analiz yerinə yetirilməsində CASE texnologiyalarından geniş istifadə edilir.

Mürəkkəb sistemin modelinin qurulması onda baş verən proseslərin yazılışından başlanır. Hər bir proses nisbətən sadə elementlər çoxluğundan – fəaliyyətlərdən təşkil olunur. Mürəkkəb sistemlərdə fəaliyyətlər ümumi, adətən, məhdudlaşdırılmış resurslardan istifadə etməklə paralel, asinxron və kombinə edilmiş rejimlərdə özlərini göstərir. Odur ki, İM-i yaradanlar mürəkkəb sistemin proseslərini və onların tərkib hissələri olan fəaliyyətləri, eyni zamanda digər layihə edənlərlə informasiya mübadilələrini ümumi dildə yerinə yetirməyi mükəmməl bilməlidir. Bu məqsədlə fəaliyyətlərin təsviri və onların qarşılıqlı əlaqələrinin təyini diaqramları metodologiyası işlənməlidir. Diaqramların qurulması mürəkkəb sistem haqqında biliklərin formalizə olunması üçün köməkçi addım hesab olunur və layihənin bütün iştirakçıları arasında sıx əlaqə yaratmaqla, modelləşdirmənin ilkin mərhələlərində müxtəlif səhvlərin aşkarlanıb aradan qaldırılmasını təmin edir.

Bu funksiyaları CASE-texnologiyaları (Computer Aided System Engencering) ilə səmərəli yerinə yetirmək olar. Bu texnologiyalardan realizə olunma həcminə görə daha çox istifadə olunan sistemlərin struktur analizi və layihələndirilməsi texnika və vasitələri (Structured Analysis and Design Technique-SADT) texnologiyalarıdır [5]. SADT- texnologiyaları içərisində də daha geniş yayılmışı spesifikasiyaların inteqral yazılışı metodu (İntegrated Computer-Aided Definition Method-) texnologiyaları hesab olunur. İDEF ABŞ-da ICAM (Integrated Computer Aided of Manufacturing – istehsalata inteqrallaşdırılmış kompüter köməyi) dövlət proqramı çərçivəsində yaradılmış və onun da müxtəlif təyinatlı versiyaları mövcuddur: İDEF0 – funksional modelləşdirmə; İDEF1 – informasiya modelləşdirməsi; İDEF3 – proseslərin vəziyyəti və iş ardıcılıqlarının yazılışı metodu və s.

SADT – texnologiyalarının geniş yayılmasının əsas səbəbi onun material, informasiya, finans və idarəçilik axınlarını və təşkilatı strukturlarının kompleks şəkildə təsvirinə oriyentasiya olunmasıdır.

İDEF struktur metodlara əsaslanır ki, bu halda predmet sahəsinin yazılışı üçün struktur sxemlər tipli qrafiki dillərdən istifadə olunur.

İDEF0 sistemin funksional modelini yaratmaq üçün istifadə olunur. Dekompozisiya olunan fəaliyyətlərin və verilənlərin yazılışı üçün funksional və informasiya modelləri istifadə edilir. Adətən, İDEF metodunda arxitektura termini işlənilir ki, bu da mürəkkəb sistemin tam yazılışını təmin edən müxtəlif tip modellərdən istifadə edir: funksional, informasiya və dinamik. Bu nöqteyi-nəzərdən İDEF0-funksional, İDEF1-informasiya, İDEF2 isə proseslərin vəziyyəti və görülən işlərin axınlarını modelləşdirmək üçün səmərəli hesab olunur.

Göründüyü kimi, CASE texnologiyaları obyektin ancaq statik şəkildə təsvirini və tədqiqini yerinə yetirir (obyektin funksiyaları, tərkibi və informasiya axınları).

CASE texnologiyalarının göstərilən çatışmazlığını aradan qaldırmaq üçün IDEF/CPN proqram paketi yaradılmışdır. Bu proqram paketi rəngli Petri şəbəkələri (Coloured Petri Nets) texnologiyaları və digər metodların istifadəsi ilə yaradılmışdır. Çatışmayan cəhəti odur ki, Petri şəbəkəsi nəzəriyyəsinin həllini tapmayan və yaxud çətin realizə olunan çatışmazlıqları bu texnologiyada öz əksini tapır: real sistem üçün Petri şəbəkəsinin yaradılması və analizinin mürəkkəbliyi; analiz prosesinə IDEF- texnologiyasından əlavə, daha bir süni sxemin əlavə olunması; qərar qəbul etmə və məntiqi idarəetmə proseslərinin modelləşdirilməsinin mürəkkəbliyi və s.

CASE texnologiyaların tədqiqinin nəticələrini ümumiləşdirərək göstərmək olar ki, mürəkkəb sistemlərdə material, informasiya, finans, təşkilati və s. strukturlar haqqında tam informasiya olmadıqda bu texnologiyaların müxtəlif nəticələrindən İM üçün giriş informasiyası kimi istifadə oluna bilər.

Göründüyü kimi, CASE texnologiyaları üçün ilkin informasiyalar, yəni verilənlər, biliklər və s. texnoloqlar tərəfindən verilir. CASE texnologiyalarının tədqiqinin nəticələri isə İM üçün giriş informasiyası kimi istifadə oluna bilər.

İstehsal sistemlərinin CASE texnologiyaları ilə statik analizi kompüter eksperimentləri ilə bilik mühəndisləri tərəfindən həyata keçirilir.

Arxitekturdan göründüyü kimi, tədqiqat obyektinin xarakterindən asılı olaraq, İM-in avtomatlaşdırılmış layihələndirmə aləti (İM ALA) müxtəlif CASE texnologiyaları, xüsusiləşdirilmiş İM dilləri, obyekt yönümlü İM dilləri, dinamik intellektual İM sistemləri və animasiya İM sistemləri mühitində fəaliyyət göstərə bilər ki, bu da onun strukturunun çeviklik xassəsinə malik olduğunu göstərir. Belə ki, İS-in müxtəlif təyinatlı və xarakterli olmasından asılı olaraq, adekvat arxitekturası təşkil olunaraq avtomatlaşdırılmış formada formalaşdırılır.

Riyazi səviyyədə verilənlər və biliklər bazalarının yaradılması uyğun olaraq seçilmiş İM sisteminin proqram kompleksi tərəfindən ilkin hazırlıq əməliyyatlarını yerinə yetirdikdən sonra İS-in imitasiya modeli formalaşdırılır və kompüter eksperimentləri İM ilə tədqiq olunur. İM-in nəticələri seçilmiş animasiya sisteminin proqram kompleksi ilə dinamik rejimdə monitorda təsvir olunur.

**Nəticə.** İstehsal sistemlərinin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə aləti mürəkkəb xarakterli istehsal sistemləri kateqoriyasına aid edilən ÇİS-in ilkin layihələndirmə mərhələsində tətbiq edilmiş və ÇİS-in layihələndirilməsinin məqsədəuyğunluğu qiymətləndirilmişdir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Əhmədov M.A., Məhəmmədli H.M. *İnformasiya sistemlərinin avtomatlaşdırılmış modelləşdirilməsi və tədqiqi üsulları*. Ali texniki məktəblər üçün dərs vəsaiti. Sumqayıt, 2015, 137 s.
2. Справочник по САПР / А.П.Будя, А.Е.Кононюк, Г.П.Куценко и др.: Под ред. В.И.Скрухина. Киев: Техника, 1988, 375 с.
3. Автоматизация проектирования гибких производственных систем / Р.И.Сольнищев, А.Е.Кононюк, Ф.М.Кулаков. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-е, 1990, 415 с.
4. Ахмедов М.А., Ахмедова С.М. Разработка архитектуры инструмента автоматизированного проектирования имитационной модели гибкого автоматизированного модуля // Системы управления и информационные технологии. Научно-технический журнал. № 4, 1 (62), 2015, с.104-107.
5. Федотова Д. Э., Семенов Ю. Д., Чижик К. Н. CASE-технологии. М.: Горячая линия, Телеком, 2005. 160 с.

**РЕЗЮМЕ**

**РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ИНСТРУМЕНТА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ  
ИМИТАЦИОННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ**

*Ахмедова С.М.*

*Ключевые слова:* имитационное моделирование, инструмент автоматизированного проектирования, CASE-технологии, гибкие производственные системы

Исследован инструментарий автоматизированного проектирования ГПС, соответствующий категории систем сложного характера, на реальном этапе проектирования на основе имитационного моделирования. А также была дана оценка целесообразности проектирования ГПС.

**SUMMARY**

**DEVELOPMENT OF ARCHITECTURE OF AUTOMATED DESIGN TOOL BY MEANS OF  
RESEARCH OF IMITATION MODELLING OF PRODUCTION SYSTEMS**

*Akhmedova S.M.*

*Key words:* imitation modeling, automated design tool, CASE-technologies, flexible production systems

The tools of the automated design of GPS corresponding to the category of systems of complex nature at the real stage of design on the basis of simulation are investigated. And also the assessment of expediency of design of GPS was given.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	03.04.2018
	Son variant	25.06.2018

UOT 66-02

## KİMYA MÜHƏNDİSLİYİNDƏ QEYRİ-XƏTTİ DİNAMİKA ÖZÜNƏMƏXSUS RƏNGARƏNGLİYİ İLƏ

**NAĞIYEV ƏLİ HƏSƏN oğlu**

*Sumqayıt Dövlət Universiteti, professor*

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

*Açar sözlər: kimya texnologiyası proses və aparatları, idarəetmə nəzəriyyəsi, qeyri-xətti dinamika, katalitik krekinq prosesi, yağların hidrotəmizləmə prosesi.*

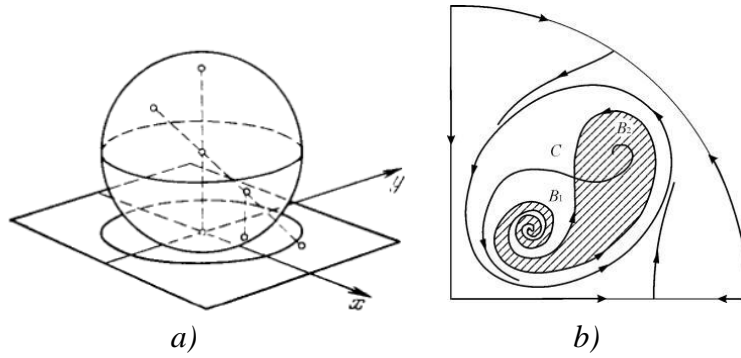
*Qeyri-xətti dinamik sistemlər metodologiyası nöqtəyi-nəzərindən kimya texnologiyası proseslərinin riyazi modelləşdirilməsi və dinamik xassələrinin öyrənilməsi prinsiplərinin icmal xarakterli təhlili verilir. İcmal Sumqayıt Dövlət Universitetinin bir qrup əməkdaşlarının son onilliklərdəki elmi işlərini əhatə edir. Həm adi, həm də xüsusi törəmli diferensial tənliklərlə təsvir olunan kimya-texnoloji proseslərin tədqiqində dinamik sistemlərin keyfiyyət analizi nəzəriyyəsinin tətbiqinə xüsusi diqqət yetirilir.*

### **1. Anri Puankare, müasir qeyri-xətti dinamika və Azərbaycan kimya mühəndisliyi.**

Anri Puankare dinamik sistemlər üçün keyfiyyət analizinin özülünü qurmaqla maddi aləmdə intibah proseslərinin təkrar olunmaz formalarını üzə çıxarmağa riyazi əsaslar yaratmış oldu. Neft emalı və neft kimyası prosesləri respublikamızın sənayesində aparıcı sahələri təşkil etməklə, keçən əsrin 70-ci illərindən başlayaraq ölkəmizdə neft-kimya mühəndisliyinin yüksək səviyyədə təşəkkül tapmasına, zəngin elmi potensiala malik mütəxəssislərin yetişməsinə zəmin yaratmış oldu. Məqalə mövzusunun A.Puankare və qeyri-xətti dinamika məsələlərində mərkəzləşməsi adları çəkilən sahələrdə mühəndis fikrinin oduqca maraqlı tədqiqat sahəsi tapması ilə bağlıdır. Kimya mühəndisliyi qeyri-xətti dinamika məsələlərinin bütün rəngarəngliyi ilə üzə çıxması üçün ən məhsuldar zəmin olduğunu desək, qətiyyətlə mübaliğəyə yol verməmiş olarıq.

Hələ keçən əsrin əvvəllərində akademik Yusif Məmmədəliyev, daha sonra isə akademik Murtuza Nağıyev – ümumdünya miqyaslı alimlər – neft texnologiyasının əsaslarını yaratmaqla əsrin ortalarında bu sahədə yetişmiş çoxsaylı akademiklər və professorlar nəslinin sələfləri olmuşlar. Bu gün Sumqayıt ölkəmizin neft-kimya sənayesi regionu olmaqla yanaşı, həm də kimya mühəndisliyi elminə öz töhfələrini vermiş elmi mərkəzlərdən biri sayıla bilər. Sumqayıt Dövlət Universiteti də bu çəlbedici elmi tədqiqatdan kənarda qalmamış, öz elmi maraq dairəsini müəyyən edə bilmişdir.

Diferensial tənliklər nəzəriyyəsinə Puankare sferasının [1] gətirilməsi ilə dinamik sistemlərin keyfiyyət təhlili özünə başlanğıc nöqtəsi tapdı. Dinamik sistem zamanın və məkanın sonsuz sərhədlərində tədqiq oluna bilirsə, hərəkət trayektoriyalarını müqayisəyə gətirmək imkanı yaranır. İlk variantda müstəvi məsələlərinin həllinə yönəldilən bu mühüm kəşf müxtəlif diferensial tənliklərin həlləri üçün topoloji özəlliklər müəyyən etməyə imkan verərək kəmiyyət təhlilinə fəvqündə yeni təhlil və müqayisə vasitəsi tapmış olur. Şək.1-də iki vəziyyət dəyişəni olan dinamik sistemin (ikiməchullu diferensial tənliyin) faza koordinatlarının müvafiq müstəviyə inikasası göstərilmişdir. İnikas Puankare sferasından əks olunmuşdur. Zaman və məkan üzrə sərhədlər sonsuz olsa da, inikas sonlu radiuslu dairə içərisindədir.



Şək.1. A. Puanqare sferası və faza trayektoriyalarının sonsuz geniş oblastda üfüqi müstəvinin I rübünə inikası.

## 2. Reaksiya-regenerasiya sistemlərinin vəziyyətlər fəzasında xüsusi nöqtələr çoxsaylılığı.

Sənayemiz üçün ənənəvi olan reaksiya-regenerasiya sistemlərində həyata keçirilən polidispers bərk katalizatorlu kimyəvi proseslər hər şeydən öncə özünəməxsus istilik dinamikasına malik sistem kimi tədqiq olunmalıdır. Bu fikrin irəli gətirilməsi ilə ilk dəfə Bakıda fəaliyyət göstərən ağır neft qalıqlarının katalitik krekinqi prosesinin istilik modeli təklif olunur [2, 3]. Katalitik proses qaynar təbəqədə fasiləsiz axında həyata keçirilərək koklaşır, aktivliyinin bərpası üçün ardıcıl axında yandırılma yolu ilə regenerasiya olunaraq yenidən reaksiya mühitinə qaytarılır. Reaksiyanın temperatur şəraiti yanmadan alınan istilik hesabına balanslaşdırılır. Yüksək koks çıxımı yüksək temperatur şəraitini, pis regenerasiya şəraiti isə koks çıxımının sürətləndirilməsini şərtləndirdiyindən eyni zamanda iki əlaqə kanalı üzrə sistemdə müsbət əks-rabitə mexanizmi, mühəndis istəyinə rəğmən, özünə yer tapa bilər [4, 5]. Bu fakta diqqətləri yönəltmək, onun mövcudluğunun hansı effektlərlə əlaqəli olduğunu müəyyənləşdirmək üçün sistemdə baş verən bütün qeyri-xətti effektləri əks etdirməyə qadir olan riyazi modelləşdirmə həyata keçirmək lazım gəlmiş oldu [6]:

$$g_k \frac{d\varepsilon}{d\tau} = \alpha_1 f_c z(\varepsilon, \theta_0) - \alpha_2 w(\varepsilon, \theta) g_k$$

$$g_k \frac{d\theta}{d\tau} = \alpha_2 \beta_1 g_k w(\varepsilon, \theta) + \beta_2 f_k - (A + f_k)\theta + A\theta_{cp} + f_k \theta_0$$

harada ki,

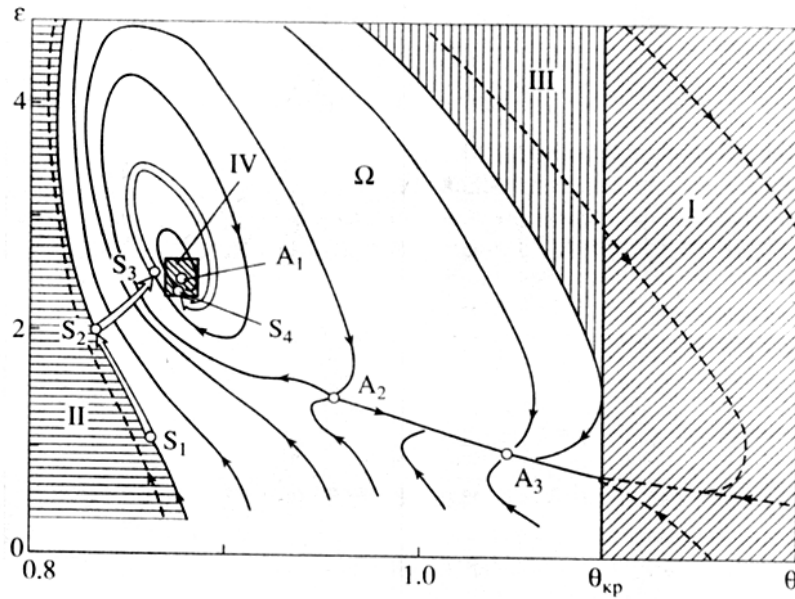
$$\alpha_1 = \frac{Z(C^*, T^*)}{n^* C^*}, \quad \alpha_2 = \frac{W(C^*, T^*) t^*}{C^*}; \quad \beta_1 = \frac{q_k C^*}{c_k T^*}, \quad \beta_2 = \frac{q_{a0} \delta}{c_k T^*}, \quad A = \frac{c_6 F_6^* + D}{c_k G_k^*};$$

$$z(\varepsilon, \theta_0) = \frac{1}{d} Z(C^* \varepsilon, T^* \theta_0); \quad w(\varepsilon, \theta) = \frac{W(C^* \varepsilon, T^* \theta)}{W(C^*, T^*)};$$

$d = Z(C^*, T_0^*)$  – krekinqi həyata keçirilən xammalın nominal koklaşma göstəricisidir.

Modelin istilik dinamikası baxımından iki sərbəstlik dərəcəsinə malik olduğu sübut olunur və sistemin  $(\varepsilon, \theta)$  müstəvisində topoloji təhlili hesablama eksperimenti ilə həyata keçirilir.

Bu tədqiqat idarəetmə praktikasında müəmmalı görünən və adətən, riyazi modelin parametrik identifikasiyasının xətası ilə əsaslandırılan bir sıra qeyri-adekvatlıq təzahürlərinə aydınlıq gətirmiş oldu. Şək.2-də sistemin faza traektoriyaları müstəvisində üç stasionar nöqtənin mövcudluğu öz əksini tapmışdır. Bu stasionar nöqtələrin ikisi attraktorlardır, onların özlərinə məxsus cazibə sahələrinin olduğu aşkar özünü göstərir. Texnoloji reqlamentdən kənar sahələr və bunlara aparən traektoriyalar axınları şəkildə ştrixlənmişdir. Separatrisa üzərində dayanıqsız olan müvazinət nöqtəsi  $A_2$  aşkar edilmişdir. Bu separatrisa əyri  $A_1$  attraktorunun cazibə sahəsi ilə  $A_3$  düyün tipli attraktorunun cazibə sahəsini ayırır. Belə olduğundandır ki, həyəcanlandırıcı xarici təsir impulsları sistemin təsviredici nöqtəsinə məcburi yerdəyişmə (dreyf) verərək, onu bir cazibə vahəsi axınından digərinə keçirərək idarə olunmayan rejimlər yaratmış ola bilər.



Şək.2. Katalitik krekinq prosesi isilik dinamikası modelinin faza portretlərindən biri.

Digər mühüm tapıntı baxılan prosədə avtorəqsli rejimlərin meydana çıxmasının səbəbinin izahı ilə bağlıdır. Parametrlərdən asılı olaraq dəyişən 24-36 dəq periodu ilə müəyyən olunan rəqsi proseslərin bərqərar olması məhz göstərilən faza portretində  $A_1$  stasionarının fokus tipli attraktor olduğundan irəli gəlir [4]. Hətta göstərilən təsvirdən də aşkar nəticə çıxarmaq mümkündür ki, parametrlərin müəyyən qiymətlərində limit traektoriyanın formalaşması labüddür. Bu nəzəri qənaət kompüter eksperimentində öz təsdiqini tapır. Beləliklə, katalitik krekinq prosesinin faza fəzasında stasionar nöqtələrin çoxsaylılığı bir fakt kimi həm riyazi model tədqiqatı ilə, həm də praktiki müşahidələrlə mühəndis diqqətinə çatdırılır.

Bu nəticələr idarəetmə problemləri həddlərindən kənara çıxaraq reaksiya-regenerasiya sistemlərinin layihələndirilmə praktikasına əsaslı surətdə daxil ola bilər. Baxılan struktura malik diferensial tənlik modellərinin həllərində baş verən bifurkasiyalar mühüm məsələ kimi qarşıya qoyulur [6]. Statik asılılıqlar şəklində olan bu bifurkasiya diaqramları eyni parametr vektorunun təsiri altında sistemin stasionar həllərinin qoşalaşması, yaxud belə həllərdən birinin itirilməsi bu diaqramların mahiyyətini əks etdirir. Bifurkasiya diaqramlarında müşahidə olunan bəzi xətlər katalizatorun qaynar təbəqələrində proseslərin yazılışının daha mükəmməl model olaraq ikifazlı struktur şəklində təsvirinə zərurət yaratmış olur [7, 8]. Kritik rejimlərdə regeneratör temperaturunun aşağı düşməsinin qarşısının alınması üçün əlavə yanacaq verilməsi ilə əlaqədar riyazi model strukturunun dinamikada manipulyasiyasının həyata keçirilməsi zərurəti meydana çıxır. Bu, o demək idi ki, sadələşdirilmiş homogen faza modelindən ikifazlı heterogen modelinə köçürülmə problemi yaranmış, onu riyazi baxımdan Koşi başlanğıc şərtlərinin verilməsi ilə əlaqəli həll etmək məsələsi meydana çıxmışdı. İnteqral tənliklər şəklində verilmiş paylanmış parametrlə sistemin zamanın ixtiyari anında adi diferensial tənliklərlə yazılan modelinə “yumşaq” keçidin alqoritmləşdirilməsi o zamanlar diqqətəlayiq nəticələr sırasında sayıla bilərdi.

### 3. Faza fəzasında kipləşmə-seyrəkləşmələr. Üçölçülü faza portreti.

Elmi araşdırmalarda, adətən, bir problemin müvəffəqiyyətli həlli öncə özünü biruzə verməyən yeni məsələ qarşıya qoyur. Reaksiya-regenerasiya sistemlərinin faza fəzasında sıxılma-seyrəkləşmələrin meydana çıxmasına yönəldilən diqqət [9], əslində, təkcə kimya mühendisliyi ilə bağlı deyildi, ümumən idarəetmə problemi kimi qarşıya çıxmışdı. Faza fəzasında sıxılma-seyrəkləşmənin tərtibi əksər hallarda böyük miqyaslar kəsb edir və dinamik sistemin özəl xassəsini ifadə edir. Avtomatik nəzarət və idarəetmə funksiyalarının həyata

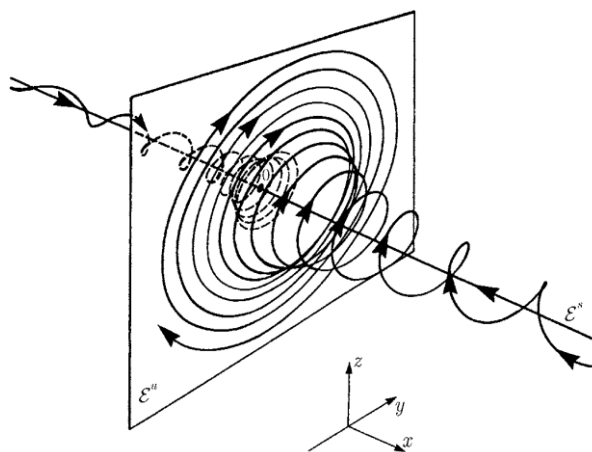
keçirilməsində fəzanın belə deformasiyalarının nəzərə alınmamasının qətiyyənlə məqbul sayıla bilmədiyini ciddi analitik əsaslarla göstərilirdi. Fəzanın kipləşmə və seyrəkləşmə baxımından strukturlaşdırılması məsələsi ilk dəfə olaraq həmin məqalədə elmi müzakirəyə çıxarılmış olur. Müəllif  $\ell$  – sıxlaşma-genişlənmə kriterisini, daxil etməklə, traektoriyanın müvafiq uzunluğunda özünü göstərərək bu deformasiyalar üçün ədədi xarakteristika verməyə nail ola bilir. Buradan çıxan əsas nəticə kimi faza fəzasına dəyişən metrika mənsub edilməsi məsələsi irəli sürülür. İlkən nəticələr krekinq prosesinin avtomatik nəzarət sistemi nümunəsində nümayiş etdirilir.

Bu tədqiqatın növbəti mərhələsi olaraq sistemin vəziyyətlər fəzasının müstəvidən üç ölçüyə genişləndirilməsi olmuşdur. Reaksiya-regenerasiya sisteminin idarə olunma praktikasını, şübhəsiz, bunu tələb edirdi. Lakin belə bir istiqamətin ümumi xarakter daşması təmənilə aşkar bir məsələ idi. Vəziyyətlər fəzası ölçüsünün müstəvidə məhdudlaşdırılması real proseslər dairəsini son dərəcə daraltmış olurdu. Üçölçülü fəzaya keçidin metodoloji aspektləri işlənməli idi.

Qeyd edək ki, diferensial tənliklərin həllərinin vəziyyətlər fəzasına adekvat inikasının ümumi göstərici kimi traektoriyaların kəsişməzliyi prinsipi əsas götürülə bilər. Hətta müvazinət nöqtələrində belə faza traektoriyaları kəsişmir, həmin xüsusi nöqtələrə sonsuz yaxınlaşa bilər. Bu müddəə diferensial tənliklərin həllinin yeganəliyi haqda teoremin nəticəsi olaraq özünü göstərir [10]. Yeri gəlmişkən, məhz buna görədir ki, gecikən arqumentli diferensial tənliklər faza fəzasında tədqiq oluna bilmir.

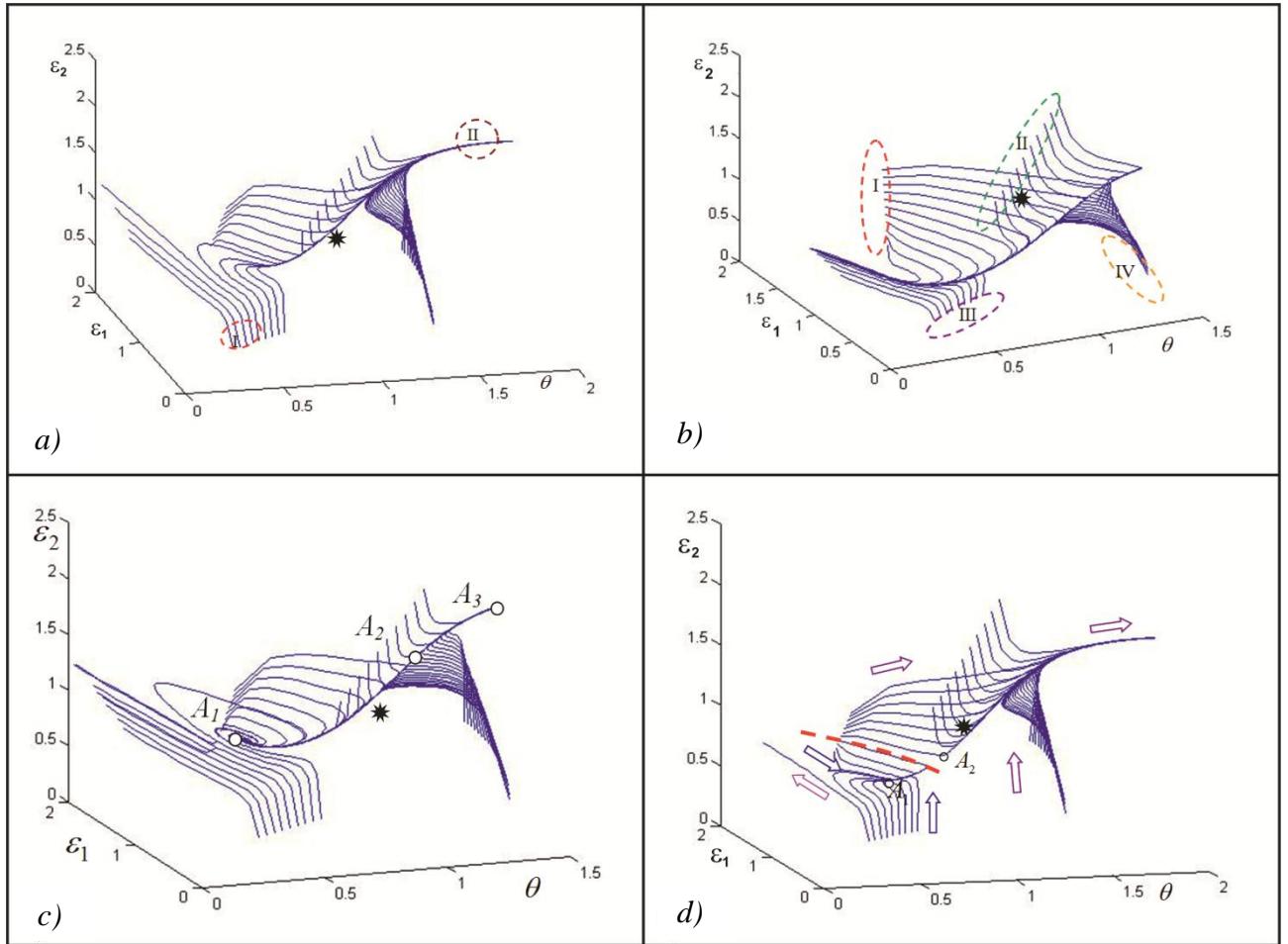
Şək. 3-də üçölçülü fəzada “fokus-yəhər” tipli faza portreti nümunə kimi göstərilmişdir. Müstəvi üzərində dayanıqsız və dayanıqlı (müstəvinin arxa hissəsindəki görüntü) spiralvari trayektoriyaların proeksiyaları əks olunmuşdur. Bu nümunə aşkar göstərir ki, faza koordinatlarından birinin ixtisara düşməsi ilə sistem haqqında məlumat təmənilə təhrif oluna bilər.

Məhz bu problemlərlə əlaqədar reaksiya-regenerasiya sistemlərinin daha dəqiq dinamik xassələrinin əks etdirilməsi üçün üçölçülü riyazi model tərtib olunur. Üçüncü faza koordinatı olaraq işlənməmiş katalizatorun dövrü surətdə desorbsiyasından sonra karbohidrogenlərin nisbi faizi istifadə olunur [11]. Şək.4-də haqqında danışılan üçölçülü faza portretləri nümayiş etdirilir. Təsvirlərdə sistemin təsvir edici nöqtələri “ulduz” işarələri ilə qeyd olunmuşdur. Faza fəzasında yalnız bir yüksək temperatur ilə xarakterizə olunan oblasta aparan faza portreti a) təsvirində öz əksini tapmışdır. Həmin istiqamətdə müvafiq attraktorun mövcud olması yalnız ehtimal edilə bilər, lakin onun koordinatları modelin adekvat inikas hüdudlarından çox kənarıdır. Hesablama eksperimenti çərçivəsinə də sığışmır. Həmin şərh yalnız bir fərqlə (aşağı temperatur oblastı) b) təsvirində də aid edilə bilər. Real işçi oblastından başlanğıc götürən trayektoriyalar aşağı temperaturu, lakin yüksək qalıq kokslaşma dərəcəli oblasta doğru yönəlmişlər. Şək.4-ün c) təsvirində müvazinət nöqtələri aşkar görüntülər əldə etmişdir. Aşağı temperaturu attraktor fokus tiplidir, işçi oblastın (texnoloji reqlamentlə müəyyən olunan sahənin) çox geniş hissəsini əhatə edir. Yalnız çox yüksək temperatur oblastından çıxan trayektoriyalar  $A_3$  attraktoruna yığılırlar. Şəkildə d) təsvirində iki mühüm dəyişiklik meydana çıxmışdır:  $A_3$  attraktoru kənarlaşmış,  $A_1$  müvazinət nöqtəsi kimi düyün tipinə çevrilmişdir.



Şək.3. İki ölçülü  $E''$  alt fəzasında dayanıqsız, bir ölçülü  $E'$  alt fəzasında dayanıqlı trayektoriyalarla xarakterizə olunan fokus-yəhər tipli müvazinət nöqtəsi.





Şəkil 4. Reaktor-regenerator sisteminin üçölçülü faza portretləri.

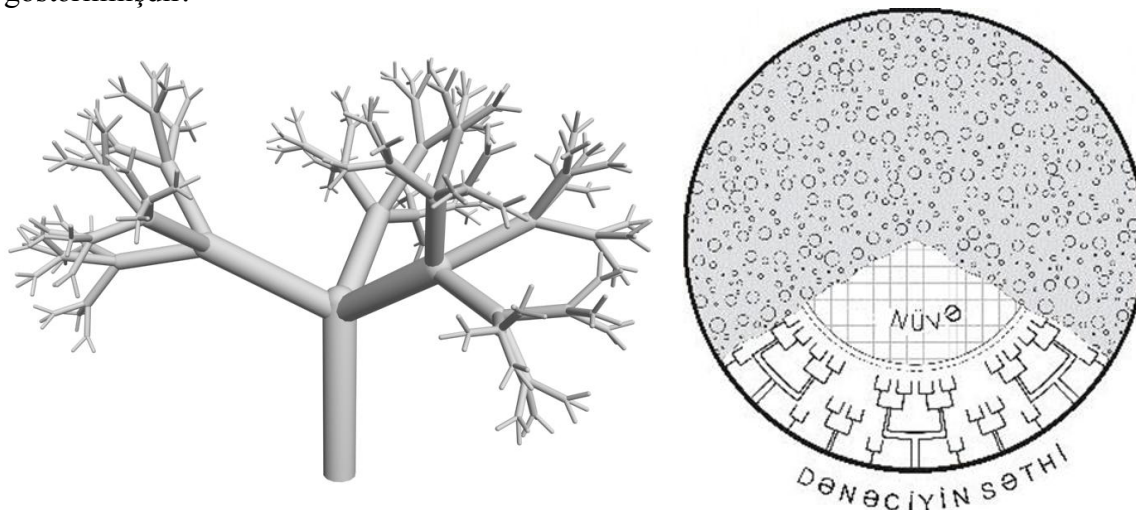
Əvvəlinci iki faza portretlərinin heç biri məqbul sayıla bilməsə də, axırını iki təsvir praktikada tətbiq üçün iddialı ola bilər. Onların müqayisəli təhlili hər ikisində müsbət cəhət, və hərəsinin də bir qüsura malik olduğunu aşkar edir. Əgər d) təsviri rəqsi proseslərdən azaddırsa, ümumən attraktorun aşağı temperatur oblastında yerləşməsi ( $\theta = 0.72$ ) mənfi xassə kimi qiymətləndirilməlidir. Ümumən bu nəticələr həm praktik və həm də metodoloji cəhətdən ciddi maraq doğura bilmişdilər, xarici elmi ədəbiyyatdakı istinadlar bunu sübut edirdilər [12].

Çox keçmədən reaktor-regenerator sistemin sənaye qurğusu statistikasına əsasında vəhdət təşkil edən dinamika modelinin bir sıra əlaqədar problemlərin həllinə cəlb olunur. Sistemdə katalizator dövrəni sürətinin təyini üçün dolayı ölçü sisteminin yaradılması dispers mühitin laminar axınında fazalar arası sürüşmə əmsalının qiymətləndirilməsi məsələsi qarşıya qoyulur [13]. Məhz həmin modelləşdirmə prinsipi əsasında boru tipli düz axınlı katalitik reaksiya sisteminin dispers mühit dinamika parametrləri nəzarət sisteminin monitorunda canlandırılı bilir [14].

#### 4. Katalitik sistemin dinamikasının fraktal yazılışı. Məsafə psevdooölçüsü.

Ötən əsrin 80-ci illərində riyazi modelləşdirmədə Benua Mandelbrotun meydana gətirdiyi fraktal konsepsiyası təbii riyaziyyata daxil olur və tezliklə modelləşdirmənin çoxsaylı sahələrinə sürətlə nüfuz etməyə başlayır. Faraktal təkrarlanan həndəsi strukturların ümumiləşdirilmiş model yazılışı olub, nəzəri cəhətdən riyazi analizdə məlum olan Kantor çoxluqlarının özəl bir xassəsinə istinad edir. Katalizator məsələli quruluşunun modelləşdirilməsi üçün şaxələnən kanallar sisemi modeli ilk dəfə Rusiya Elmlər Akademiyasının kimya mühendisliyi nəzəri əsasları məcmuəsində nəşr olunmuş idisə [15], bu modelləşdirmə prinsipinin fraktal konsepsiyası ilə bilavasitə əlaqəsinin olduğuna, əslində orada təklif olunan makro-mezo-mikro kanal keçidlərinin nizamlanmış təkrarlanan strukturlarla ifadə olunduğuna

öncə diqqət yetirilməmiş idi. Mandelbrotun təklif etdiyi fərqli fəza ölçüsündən (fraktal ölçüsü) əsasən kompüter qrafikasında, kompüter təsvirlərinin sıxılmasında istifadə edilirdi. Məsələn mühit riyazi modelində fraktal ölçüsündən katalitik prosesin riyazi modelləşdirilməsində parametr olaraq istifadə etməyin mümkünlüyü ilk dəfə olaraq elmi dairələrə çatdırılmış olur [16]. Öncə təklif olunmuş dendrit modeli [15] indi fraktal obyekt kimi öz parametrləri ilə katalizatorun kanallar sisteminin ekvivalent xarakteristikaları kimi xüsusi törəməli diferensial tənliklər sisteminə daxil edilir. Şəkildə sırf müəllifə məxsus olan dendrit strukturlu fraktal göstərilmişdir.



Şəkil 5. Katalizator daxilində dendrit kanalın fraktal modeli.

Bu fraktal quruluşda kanalın perimetri, səth sahəsi və kanal həcmi kimi daşıyıcıları üzrə fraktal ölçüləri ( $D_{\Pi}$ ,  $D_S$ ,  $D_V$ ) üçün düsturlar təklif olunur:

$$D_V = -\frac{\ln\left(\frac{1}{a^2b} + c\right)}{\frac{2}{3}\ln a + \frac{1}{3}\ln b}, \quad D_S = -\frac{\ln\left(\frac{1}{ab} + c\right)}{\frac{1}{2}\ln a + \frac{1}{2}\ln b}, \quad D_{\Pi} = -\frac{\ln\left(\frac{1}{a} + c\right)}{\ln a}$$

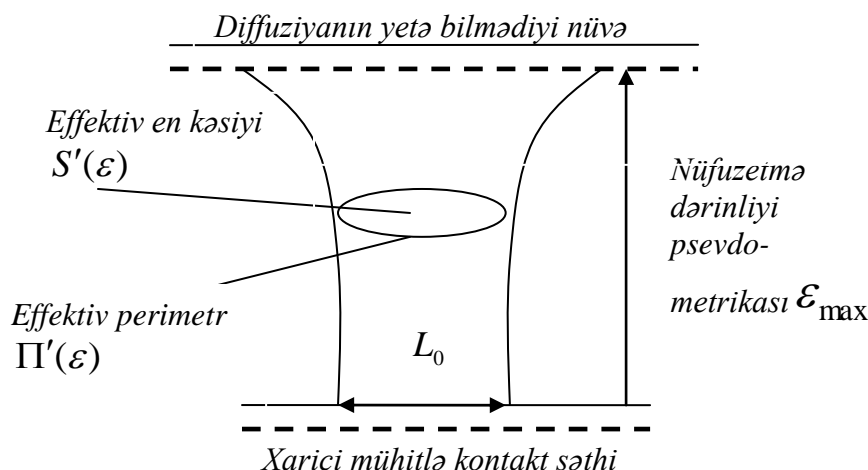
harada ki  $a, b, c$  – dendrit fraktalının imitasiyaedici parametrləri olub, hər bir buğuma müvafiq kanalın radiusu  $r$ , kanalın uzunluğu  $l$  və hər gövdədə budaqların sayını  $\chi$  ifadə edərək, aşağıdakı düsturlarla hesablanır:

$$a = \frac{r_{n+1}}{r_n} = \frac{\ell_{n+1}}{\ell_n}; \quad b = \frac{r_n}{\ell_n}; \quad c = \frac{\chi_{n+1}}{\chi_n}$$

Bu qayda ilə hesablanana bilən fraktal ölçülərinə əsasən fraktalın baxılan  $\delta$  miqyasda müvafiq həndəsi parametrləri aşağıdakı kimi təyin oluna bilər:

$$V(\delta) = \delta^3 \left( \frac{V_0^{\frac{1}{3}}}{\delta} \right)^{D_V}; \quad S(\delta) = \delta^2 \left( \frac{S_0^{\frac{1}{2}}}{\delta} \right)^{D_S}; \quad \Pi(\delta) = \delta \left( \frac{\Pi_0}{\delta} \right)^{D_{\Pi}}.$$

Nəhayət, fraktal parametrlərin  $\Pi'(\ell_\varepsilon)$ ,  $S'(\ell_\varepsilon)$  iştirak etdiyi stasionar katalizator təbəqəsində həyata keçirilən kimyəvi reaktorun diffuziya modeli aşağıdakı kimi tərtib oluna bilər.



Şəkl.6. Makro-mezo-mikro kanal boyu məsafə psevdometrikası  $\varepsilon \in \varepsilon_{\max}$ .

$$\frac{\partial P_A}{\partial t} = \frac{d}{d\varepsilon} \left( D(\varepsilon) \frac{\partial P_A}{\partial \varepsilon} \right) - k_{aA} P_A (1 - n_\Sigma) \sigma \frac{\Pi'(\ell_\varepsilon)}{\alpha_A S'(\ell_\varepsilon)} + k_{dA} n_A \sigma \frac{\Pi'(\ell_\varepsilon)}{\alpha_A S'(\ell_\varepsilon)}$$

$$\frac{\partial n_A}{\partial t} = k_{aA} P_A (1 - n_\Sigma) - k_{dA} n_A - k_T n_A n_B$$

Bu tədqiqatın digər mühüm nəticəsi  $\varepsilon$  psevdometrikasının  $S'(\ell_\varepsilon)$  abstrakt məkan ölçüsü kimi xüsusi törəməli diferensial tənlik modelinə daxil edilməsi olmuşdur.

### 5. Hidrotəmizləmə prosesinin özəl dinamik xassələri.

Son zamanlar fasiləsiz proseslərin idarəedilmə praktikasında süni sürətdə yaradılmış qeyri-stasionar rejimlərin öyrənilməsi xeyli maraq doğurur. Kimya-texnoloji proseslərdə bu sahədə müsbət effektlərin aşkar edilməsi, qeyd edək ki, daha çox ehtimallıdır. Neft mənşəli yağların və motor yanacağına hidrotəmizləmə prosesini iki iyerarxik səviyyədə modelləşdirmək lazım gəlir: -reaktoru miqyasında hidro-qazo dinamik model səviyyəsi və katalizator səviyyəsində baş verən proseslərin dinamikasını əks etdirən model səviyyəsi. Bu iki səviyyədə baş verən dinamik prosesləri bir-birindən təcrid edən onlar arasında kvazistasionarlıq əlamətinin mövcudluğudur ki, bunun hesabına aşağı sürətli proseslərə nəzərən dinamika modellərinin yazılışı ikinci səviyyə modellərinin statik asılılıq kimi qəbul edilməsidir. Bu yolla mürəkkəb dinamikanın əks etdirilməsi müvafiq effektiv parametrlərdən istifadə hesabına mümkün olur. Belə bir model hidrotəmizləmənin impulsiv təsirlər altında qeyri-stasionar rejimlərinin tədqiqi məqsədi ilə aşağıdakı kimi tərtib olunmuşdur:

$$\frac{\partial p_i}{\partial t} - \frac{v_{q0} [1 + u_1 \sin(\omega t)]}{S \sigma_q \rho_q} \frac{\partial p_i}{\partial x} - w_{qy} \left( \frac{P}{k_i(T)} y_i - p_i \right) = 0; \quad i = \overline{1,3}$$

$$\frac{\partial y_i}{\partial t} - \frac{v_{y0} [1 + u_2 \sin(\omega t + \varphi)]}{S \sigma_y \rho_y} \frac{\partial y_i}{\partial x} + w_{qy} \left( \frac{P}{k_i(T)} y_i - p_i \right) + w_{yk}^i (b_{yk}^i y_i - z_i) = 0$$

Katalizatorun məsələli quruluşunda gedən proseslər başqa struktura malik adi diferensial tənliklərlə yazılır:

$$\frac{\partial z_H}{\partial t} - w_{yk} (a_{yk} y_H - z_H) + 2z_H z_S k_0 \exp(-E/RT) = 0$$

$$\frac{\partial z_S}{\partial t} - w_{yk} (a_{yk} y_S - z_S) + z_H z_S k_0 \exp(-E/RT) = 0$$

$$\frac{\partial z_{H_2S}}{\partial t} - w_{yk} (a_{yk} y_{H_2S} - z_{H_2S}) = 0$$

Bu model tənliklərində aşağıdakı işarələmələr qəbul edilmişdir:

$$\sigma_q = \frac{S_q}{(1 - \sigma_k)S} - \text{yağdaxili qaz qabarcıqlarının tutduğu nisbi sahə}; \sigma_k = \frac{S_0}{S} - \text{reaktorun en}$$

kəsiyində katalizatorun tutduğu nisbi sahə;  $\sigma_y = 1 - \sigma_q$  - yağ fazasının tutduğu nisbi sahə;

$P_H, P_S, P_{H_2S}$  - qaz fazasında hidrogenin, kükürdün və hidrogen-sulfidin parsial təzyiqləri;

$y_H, y_S, y_{H_2S}$  - yağ fazasında həll olmuş hidrogenin, kükürdün və hidrogen-sulfidin qatılıqları;

$z_H, z_S$  - hidrogen, kükürd və hidrogen-sulfid

maddələri ilə zəbt olunmuş aktiv mərkəzlərin nisbi

miqdarı;  $v_q$  - qazın həcm sürəti;  $v_y$  - yağın həcm

sürəti;  $P$  - reaktorda təzyiq;  $S, S_0, S_q$  - uyğun olaraq

reaktorun en kəsiyinin ümumi sahəsi, reaktorun en

kəsiyində katalizatorun tutduğu sahə və reaktorun en

kəsiyində boşluqlarda qalan (yağ və qaz fazası üçün

qalmış) sahələr;  $\rho_q, \rho_y$  - qaz və yağ fazalarının

sıxlıqları,  $\gamma$  - filtrasiyalı axında müqavimət əmsalı;

$w_{qy}^i, w_{yk}^i$  - qaz-yağ və yağ-katalizator fazaları üçün

maddə köçürülmə sürət əmsalları;

$k_i(T) = k_i^*(T - 273) + \varepsilon_i^*$ ;  $i = 1, 3$  - hidrogenin, və hidro-

gen-sulfidin yağda həll olmasının temperatur asılılığı;

$b_{yk}^H, b_{yk}^S, b_{yk}^{H_2S}$  - hidrogen, kükürd və hidrogen-sulfidin

yağ mühitindən katalizator səthinə adsorbsiya

əmsalları;  $E, R, k_0, T$  - sulfidləşmə reaksiyasının aktiv-

ləşmə enerjisi, qaz sabiti, reaksiya sürət əmsalı və

reaksiyanın həyata keçirildiyi temperaturdur.

Modelin kompüter hesablamada eksperimenti

əsasında dinamik xassələrinin öyrənilməsi bir çox

maraqlı effektləri aşkara çıxarmışdır. Aşkar edilmişdir

ki, giriş xammal axın sürətinin sinusoidal dəyişdi-

rilməsindən alınan qeyri-stasionar rejim kükürlü

birləşmələrin hidrogen sulfidə çevrilməsi prosesinə

əhəmiyyətli surətdə müsbət təsir göstərir. Bu effektin

fiziki izahı adsorbsiya-desorbsiya maddə axın

sürətlərinin girişə verilən harmonik təsirin amplitudası

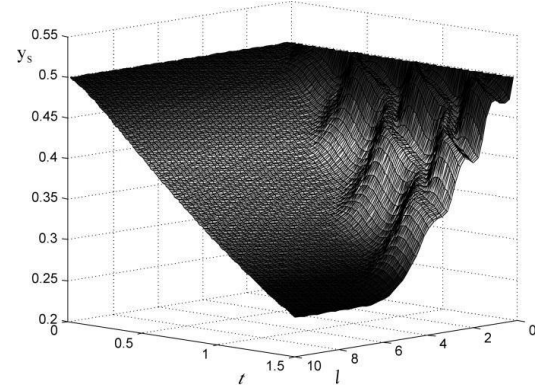
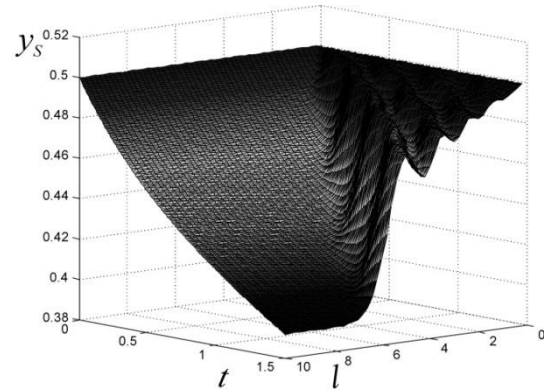
ilə sıx korrelyasiya münasibətindədir. Şək.7-də xammalın eyni tezliklə, lakin müxtəlif orta

sürətlə verilməsi ilə aparılan model tədqiqatından alınan nəticələr göstərilmişdir.

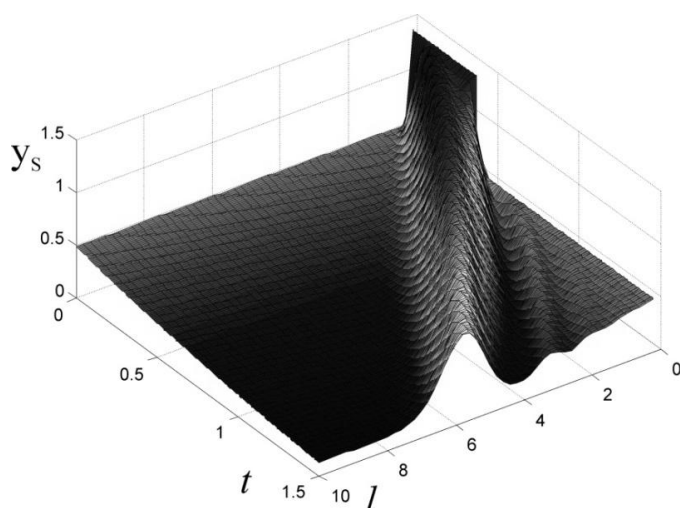
Hidrotəmizləmə reaktorunun daha bir maraqlı effekti girişə verilən xammalın kükürlülük

göstəricisinin impulsiv dəyişdirilməsi ilə bağlıdır. Xammal verilməsinin orta sürəti kiçildikcə

impulsun tədricən hamarlaşması, orta kükürlülüüyün isə azalması ilə nəticələnir.



**Şək.7.** Hidrotəmizləmə reaktoru girişinə verilən xammal sürətinin periodik dəyişməsindən alınan qeyri-stasionar rejim.



**Şəkl.8.** Hidrotəmizləmə reaktorunun giriş axınında kükürlülüyün impulsiv dəyişdirilməsindən alınan qeyri-stasionar rejim.

Qeyd edək ki, bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlar son zamanlar sistematik xarakter almış, tədqiqatçılar dairəsinin genişlənməsi müşahidə olunmaqdadır. Bu istiqamətdə aktiv fəaliyyət göstərən tədqiqatçılar yetişir. Dissertant M.S.Salmanov qurudulma proseslərinin inteqro-differensial tənliklərlə yazılmış dinamika modellərinin tərtibi sahəsində çalışır [19]. F.A.Əliyeva hidrotəmizləmə prosesinin riyazi modelləşdirilməsi, H.M.Həşimova polimerləşmə proseslərinin idarə olunması [20], A.S.Hüseynova katalitik krekinq prosesinin qeyri-xətti dinamika modeli əsasında dolayı ölçmə texnikasının işlənməsi [13, 14], N.Ə.Quliyeva izobutanın dehidrogenləşdirilməsi [7] prosesinin qeyri-xətti dinamikası sahəsində fəaliyyət göstərirlər. Müasir kompüter texnikasının elmi araşdırmalara çox faydalı olaraq nüfuz etməsi kimya mühəndisliyi sahəsində tədqiqatçıları qeyri-

xətti dinamikanın yeni-yeni maraqlı məsələləri ilə qarşılaşdırır. Qeyri-xətti dinamika elm sahəsi isə məhz bu məsələlərin ortaya çıxarılması ilə öz metodoloji bazasını zənginləşdirir.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Пуанкаре А. О кривых, определяемых дифференциальными уравнениями. М.-Л: Гостехиздат, 1947, 392 с.
2. Нагиев А.Г. Методика разработки динамической модели и оптимизация сложных ХТС на примере реакторно-регенераторного блока процесса каталитического крекинга. // Азербайджанский химический журнал, №3. Баку: 1984, с.10-16.
3. Нагиев А.Г. Ранее обнаружение аварийной ситуации в реакторном блоке установки каталитического крекинга // Химическая промышленность. №12, 1998, с.781-783.
4. Naghiyev A.G. Stability of stationary states in a dynamical system in the static optimization problem.// Automatic Control and Computer Sciences. 1999 Jan 1, 33(5), pp.15-23.
5. Нагиев А.Г. Качественное исследование модели проточного химического реактора в пространстве моментов //ДАН Азерб.Т.LV, 1-2, 1999, с.158-161.
6. Naghiyev A.G. Multiplicity of steady states of reaction-regeneration systems with a highly coking catalyst // Theor Found Chem Eng. 2000. Vol.34. №3. pp. 274-280.
7. Нагиев А.Г., Амрахова Н.А. Моделирование нестационарных тепловых режимов реакторного блока установки КК для пуска и управления в критических ситуациях // Азерб.хим.журнал, №4, Баку, 2000, с.40-45.
8. Aliyev A.M., Naghiyev A.G. Statistical Description of the Coke Balance in a Reactor-Regenerator System Containing a Fine-Particle Catalyst.//Theor Found Chem Eng. 2000. Vol.37. №2. pp.191-196.
9. Naghiyev A.G. Shrinkage-dilatation of state space of dynamic systems and zone in which systems are at risk of departing from region of controllable states // Automatic Control and Computer Sciences, 2004. Vol.38. №4. pp.19-25.
10. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.: Наука, 1974, 331 с.
11. Naghiyev A.G. Imranov F.B., Naghiyev G.A. A multi-lobe stereo phase portrait of a three-dimensional dynamic system and visualization of the control for objects with a multiplicity of stationary states //Automatic Control and Computer Sciences. 2011, Vol.45, №41, pp.11-19.
12. Kovenskii V.I. Numerical calculation of parameters of an ensemble of particles in a perfectly mixed fluidized-bed reactor.// Theor Found Chem Eng. 2014, Vol.48, №1, pp.13-26.
13. Naghiyev A.G., Khalilov S.A., Aghaev U.K., Huseynova A.S. A self-adjusting indirect measurement system for the catalyst pneumotransport speed in reactor-regenerator systems of chemical industry // Automation and Remote Control, 2015, Vol.76, №12, pp. 2233-2240.

14. Naghiyev A.G., Khalilov S.A., Naghiyev H.A., Huseynova A.S. Visualization of the Factor of Transported-Catalyst Density Distribution Along the Length of Vertical Pipelines in Petroleum Gas Oil Cracking Units// Chemical and Petroleum Engineering. Springer Verlag. 2016, Vol.52, №1-2, pp.15-20.
15. Naghiyev A.G. . Mathematical Description of a Heterogeneous Catalytic Process on the Basis of the Dendrite Model of a Catalyst Pellet // Theor Found Chem Eng. 2003, Vol.37, №1, pp. 70-76.
16. Naghiyev A.G. The synthesis of the optimal spatial pseudostructures of imitations of the porous structure of a catalyst grain based on the concept of fractals// Theor Found Chem Eng. 2010, Vol.44, №3, pp. 309-318.
17. Naghiyev A.G., Aliyeva F.A.,Naghiyev H.A. Vibrational Control of Objects with Distributed Parameters Using Hydrotreating of Motor Fuels as an Example.// Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Vol.502, 2016, pp. 213-222.
18. Naghiyev A.G., Aliyeva F.A., Naghiyev H.A. Numerical Investigation of Oscillatory Modes of Chemical-Engineering Processes with Distributed Parameters Using Hydrofining of Motor Fuels as an Example // Chemical and Petroleum Engineering. 2017, Springer Verlag, Vol. 53, № 7, pp.216-222.
19. Нагиев А.Г., Талыбов Н.Г., Агаев У.Х., Магерамов З.Т., Нагиев Г.А., Салманов М.С. О математической структуре моделей динамики процессов распылительной сушки // Нефтяное дело, Уфа, УГНТУ, 2017, Том 15, № 1, с.165-168.
20. Нагиев А. Г., Садыхов В.В., Гашимова У.М. Идентификация функций молекулярно-массового распределения полимерных материалов по их механическим параметрам вязкого сопротивления // Пластические массы, 2016, №7-8, с.52-55.

**РЕЗЮМЕ**  
**НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА В ХИМИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ С ПРИСУЩЕЙ**  
**ЕЙ МНОГОЦВЕТНОСТЬЮ**  
*Нагиев А.Г.*

*Ключевые слова : процессы и аппараты химической технологии, теория управления, нелинейная динамика, процесс каталитического крекинга, процесс гидроочистки масел.*

Обзорная статья содержит анализ принципов и методов математического моделирования и исследования динамических характеристик химико-технологических процессов с точки зрения методологии нелинейных динамических систем. Обзор охватывает научные работы группы сотрудников Сумгайтского государственного университета в течение последних десятилетий. Много внимания уделяется применению качественной теории динамических систем в исследованиях химико-технологических процессов, описывающихся как обыкновенными дифференциальными уравнениями, так и уравнениями в частных производных.

**SUMMARY**  
**NON-LINEAR DYNAMICS IN CHEMICAL ENGINEERING WITH**  
**THE PRESENCE OF MULTI-COLORNESS**  
*Naghiyev A.H.*

*Key words: processes and devices of chemical technology, control theory, non-linear dynamics, catalytic cracking process, hydrotreating process of oils.*

A review of the principles and methods of mathematical modeling and investigation of the dynamic characteristics of chemical-technological processes from the point of view of the methodology of nonlinear dynamical systems is given. The review covers the scientific work of a group of employees of the Sumgayit State University over the past decades. Much attention is paid to the application of a qualitative theory of dynamical systems in studies of chemical-technological processes, described both by ordinary differential equations and by partial differential equations.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	10.10.2017
	Son variant	25.06.2018

УДК 66.02

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ РЕЖИМАМИ РЕАКЦИОННО-РЕГЕНЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩЕЙ ДЕГИДРИРОВАНИЕ ИЗОБУТАНА

ГУЛИЕВА НУБАР АЛИМУРАД ГЫЗЫ

Сумгаитский государственный университет, докторант

[n.guliyeva@mail.ru](mailto:n.guliyeva@mail.ru)

**Ключевые слова:** *реакционно-регенерационная система, дегидрирование изобутана, математическое моделирование, нестационарный режим, динамическая характеристика.*

В настоящее время потребность в промышленности в изобутилене как сырья для производства синтетического каучука резко возросла. Основным источником получения изобутилена является изобутан, что повышает роль каталитических процессов дегидрирования изобутана [1].

Интенсификация процессов дегидрирования является основным направлением для повышения рентабельности производства изобутилена. Наряду с совершенствованием аппаратных оформлений актуальны инженерные исследования в области совершенствования технологии управления [2].

Как известно, реакционно-регенерационные системы (PPC), в которых осуществляются эти процессы, характеризуются специфической тепловой динамикой. Причиной является замкнутость системы состоящей из двух взаимосвязанных аппаратов, как по тепловому балансу, так и по балансу кокса и других компонентов, участвующих в процессе окислительного восстановления катализатора в регенераторе. Подобная взаимосвязанность аппаратов наделяет систему рядом свойств, которые проявляются такими критическими эффектами, как тепловая неустойчивость, снижение степени восстановления активности катализатора.

Задачи учета таких проявлений в динамике обуславливают необходимость построения модели в классе дифференциальных уравнений, описывающих закономерности материальных и тепловых потоков, между реактором и регенератором.

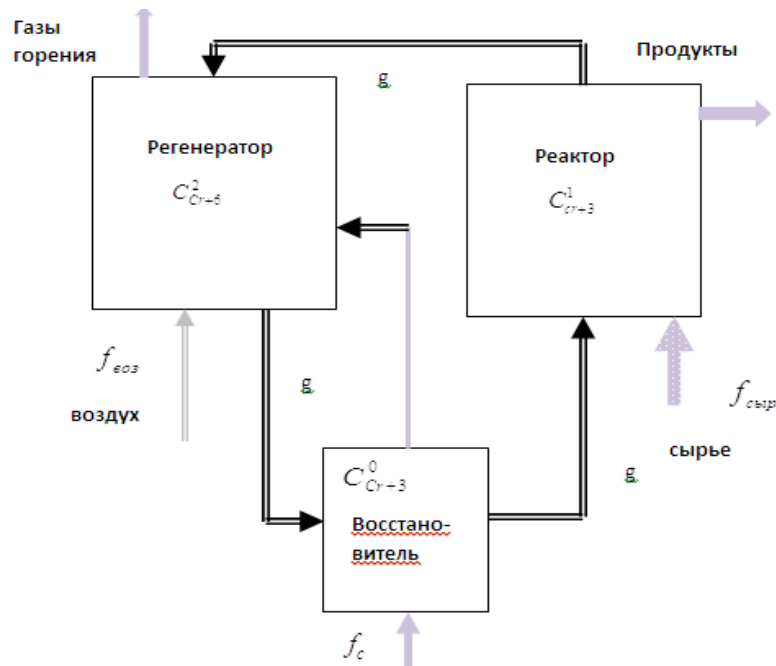
Реакционные системы, осуществляющие процессы дегидрирования углеводородов, осложнены присутствием обратимых реакций изменения валентности хрома в составе алюмохромовых катализаторов. В условиях высокотемпературной регенерации катализатора в присутствии кислорода каталитически активный трехвалентный хром терпит превращение в шестивалентный хром [2]. Восстановление указанной валентности перед вступлением катализатора в зону каталитического превращения изобутана осуществляют путем контакта его с топливным газом, в условиях изоляции от основной массы катализатора посредством специально вмонтированного в регенератор стакана – восстановителя. Таким образом, модель тепловой динамики реакционно-регенерационных систем, осуществляющих процессы дегидрирования изобутана, в отличие от ряда подобных процессов определенным образом осложнена необходимостью включения в модель тепловой динамики PPC кинетических уравнений превращения хрома.

В научной литературе можно найти исследования, касающиеся построения таких моделей. В [3] разработана модель, учитывающая коксовый баланс между аппаратами в связи режимными параметрами промышленного процесса каталитического крекинга



тяжелых нефтяных остатков. Составляя во многом аналогии с названной реакционно-регенерационной системой, процесс дегидрирования характеризуется тем, что каталитический процесс тесно связан с взаимными превращениями трех- и шестивалентного хрома в составе катализатора. С другой стороны, для процессов дегидрирования углеводородов характерно проведение реакций в условиях псевдоожижения микросферического (пылевидного) катализатора, что придает системе специфические свойства динамического поведения. Учет этой особенности обуславливает необходимость в более детальном рассмотрении процессов в построении модели.

Структура материальных и тепловых потоков между реактором и регенератором с учетом изменения валентности хрома – активного компонента катализатора показана на рисунке 1. Согласно этой схеме гидродинамической структурой потоков может послужить хорошо зарекомендовавшая себя модель идеального смешения.



**Рис.1.** Структура взаимосвязи между переменными состояния системы реактор-регенератор.

Согласно, этим представлениям слою псевдоожижения, создаваемые потоками воздуха в регенератор и парообразного сырья в реактор, могут быть достаточно точно описаны квазигомогенной моделью по концентрациям веществ на поверхности катализатора.

Уравнения материального и теплового баланса могут быть выписаны в следующем виде:

$$G_2 \frac{dC_c^{(2)}}{dt} = g(C_c^{(1)} - C_c^{(2)}) - 2k_2 e^{-\frac{E_2}{RT_2}} (1 + \alpha(f_{воз} - f_{воз}^0)) [C_c^{(2)}]^2 G_2;$$

$$G_2 \frac{dC_{Cr+6}^{(2)}}{dt} = g(C_{Cr+6}^{(1)} - C_{Cr+6}^{(2)}) + k_{Cr6} e^{-\frac{E_2}{RT_2}} C_{Cr+3}^{(1)} G_1;$$

$$G_1 \frac{dC_c^{(1)}}{dt} = g(C_c^{(2)} - C_c^{(1)}) + 2k_1 e^{-\frac{E_1}{RT_1}} (1 + \beta(f_{сыр} - f_{сыр}^*)) G_1;$$



$$\begin{aligned}
 G_1 \frac{dC_{cr+6}^{(1)}}{dt} &= g(1 - C_{cr+6}^0 - C_{cr+6}^{(1)}) - k_{cr3} e^{-\frac{E_1}{RT_1}} (1 - C_{cr+3}^1) G_2; \\
 G_0 \frac{dC_{cr+3}^0}{dt} &= g(1 - C_{cr+6}^{(2)} - C_{cr+3}^0) - k_{cr+3} e^{-\frac{E_0}{RT_1}} (1 - C_{cr+3}^0) (1 + \gamma(f_{mon} - f_{mon}^*)) G_0 \\
 G_2 c_k \frac{dT_2}{dt} &= g c_k (T_1 - T_2) + 2k_2 e^{-\frac{E_2}{RT_2}} (f_{\text{воз}} - f_{\text{воз}}^0) [C_c^{(2)}]^2 G_2 q_k - \\
 &\quad - f_{\text{воз}} c_{\text{воз}} (T_2 - T_{\text{вн}}) + k S_2 (T_{\text{вн}} - T_2); \\
 G_1 c_k \frac{dT_1}{dt} &= g c_k (T_2 - T_1) - 2k_1 e^{-\frac{E_1}{RT_1}} (1 + \beta(f_{\text{сыр}} - f_{\text{сыр}}^*)) G_1 q_r + \\
 &\quad + c_{\text{сыр}} f_{\text{сыр}} (T_{\text{сыр}} - T_2) + k S_1 (T_{\text{вн}} - T_2).
 \end{aligned}$$

где  $C_c^{(1)}, C_c^{(2)}, C_{Cr+6}^{(2)}, C_{Cr+3}^0, C_{Cr+6}^1$  – концентрации кокса (массовые) на выходе соответственно реактора и регенератора, шестивалентного и трехвалентного хрома на выходах: регенератора, стакана и реактора, концентрация кислорода в регенераторе;  $T_1, T_2, T_{\text{вн}}$  – температуры соответственно регенератора, реактора и окружающей среды;  $f_{\text{сыр}}, f_{\text{воз}}, f_{\text{мон}}$  – номинальные и измеримые (текущие) значения параметров расхода: сырья, воздуха и топлива в регенератор;  $g$  – массовая скорость потока катализатора, циркулирующего в системе;  $\alpha, \beta, \gamma$  – идентифицирующие параметры;  $E_1, E_2, E_0$  – энергии активации реакций: горения кокса в регенераторе, коксообразования в реакторе и превращения шестивалентного хрома в восстановительном стакане;  $G_1, G_2, G_0$  – массы катализатора в реакторе, регенераторе и в восстановительном стакане соответственно;  $f_{\text{воз}}, f_{\text{сыр}}, f_{\text{мон}}$  – массовые расходы воздуха в регенератор, сырья в реактор, топливного газа (метана) подаваемого в регенератор,  $c_k, c_{\text{сыр}}, c_{\text{CH}_4}, c_{\text{воз}}$  – удельные теплоемкости катализатора, сырья, метана и воздуха, вводимого в регенератор;  $S_1, S_2, S_0$  – площади поперечного сечения, соответственно регенератора, реактора и восстановительного стакана.

Нами осуществлена параметрическая идентификация разработанной модели по статистическим данным промышленной установки дегидрирования изобутана в изобутилен. В качестве варьируемых параметров взяты пред экспоненциальные множители  $k_0, k_1, k, k_{cr+6}, k_{cr+3}$ . Идентифицирован ряд конструктивных и теплофизических параметров, таких как константа теплопередачи в окружающую среду, адсорбционная емкость катализатора по обобщенному углеводороду. Решение задачи минимизации функции невязки выполнено с использованием процедуры  $lsqnonlin(fun, x0)$  имеющейся в программном пакете MATLAB. В таблице приведены значения найденных (идентифицирующих) параметров и номинальные значения режимных параметров, использованных в решении задачи идентификации.

Динамические свойства разработанной модели изучены с использованием вычислительного эксперимента. На рисунке 2 показаны импульсные характеристики  $C_c^{(1)}, C_c^{(2)}, T_1, C_{cr+3}^{(1)}, C_{cr+3}^{(0)}$  после действия импульса по каналу «расход топлива в регенератор». Реакция системы на указанное воздействие хорошо согласуется со сведениями о характере переходных режимов, наблюдающимися в практике управления

промышленной РРС. Так, получено, что после импульса увеличения подачи метана в регенератор следуют: снижение концентрации остаточного кокса на катализаторе, возникновение пика на графике температуры в реакторе, снижение концентрации шестивалентного хрома на выходе стакана. Параллельно с более глубокой регенерацией катализатора имеет место и заметный рост скорости образования шестивалентного хрома.

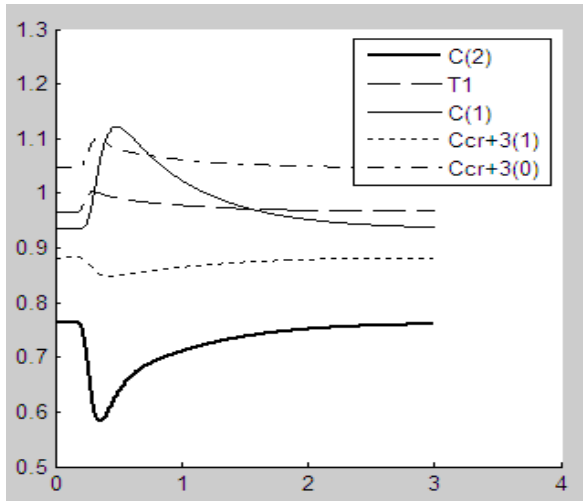


Рис. 2. Импульсные характеристики по каналам «расход топлива при подаче в регенератор» -  $C_c^{(1)}, C_c^{(2)}, T_1, C_{cr+3}^{(1)}, C_{cr+3}^{(0)}$

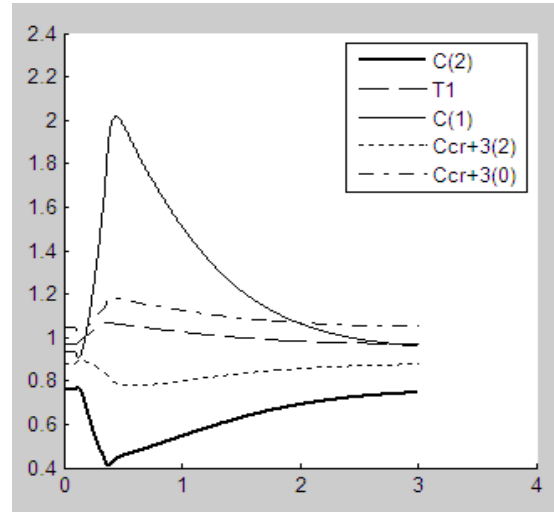


Рис. 3. Импульсные характеристики по каналам «скорость циркуляции катализатора» -  $C_c^{(1)}, C_c^{(2)}, T_1, C_{cr+3}^{(1)}, C_{cr+3}^{(0)}$

На рисунке 3 показаны реакции системы на импульсное воздействие на скорость циркуляции катализатора в системе. Из этого графика можно сделать вывод, что увеличение скорости циркуляции катализатора приводит значительно большему росту скорости образования кокса, нежели увеличение температуры системы при увеличении подачи топлива в генератор. Анализ кривых показывает достаточную степень адекватности разработанной модели.

Таблица 1

Значения режимных и идентифицирующих параметров.

Название параметров	Значение параметров	Единицы измерения параметров
$E_0$	167	кДж/моль
$E_1$	70	кДж/моль
$E_2$	50	кДж/моль
$f_{сыр}$	50	т/час
$f_{топ}$	1.7	т/час
$f_{воз}$	112	т/час

Математическое моделирование для управления тепловыми режимами реакционно-регенерационной системы, осуществляющей дегидрирование изобутана

- 
1. Литвин О.Б. Основы технологии синтеза каучуков. М.: Химия, 1972, с. 66.
  2. Sanna M. K., Elina H. M., Outi A. K. Kinetic modeling of dehydrogenation of isobutane on chromia Alumina Catalyst// Ind. Eng. Chem. Res., 2002, 41 (23), pp .5619–5626.
  3. Нагиев А.Г. Множественность стационарных режимов реакционно-регенеративных систем с высокококсуемым катализатором // Теоретические основы химической технологии, 2000, том. 34, №3, с.307 – 314.

#### XÜLASƏ

### İZOBUTANIN DEHİDROGENLƏŞMƏSİ PROSESİNİ HƏYATA KEÇİRƏN REAKTOR-REGENERATOR SİSTEMİNİN İSTİLİK REJİMLƏRİNİN İDARƏ EDİLMƏSİ ÜÇÜN RİYAZİ MODELİN İŞLƏNMƏSİ

*Quliyeva N.Ə.*

*Açar sözlər:* reaktor-regenerator sistemi, izobutanın dehidrogenləşməsi, riyazi modelləşdirmə, qeyri-stasionar rejim, dinamik xarakteristika.

Məqalə baxılan prosesin istilik rejiminin modelləşdirilməsinə həsr olunmuşdur. Bunun üçün riyazi modellər qurulmuş, kompüter hesablama eksperimenti əsasında reaktor-regenerator sisteminin istilik rejimlərini əks etdirən keçid xarakteristikaları əldə olunmuşdur.

#### SUMMARY

### MATHEMATICAL MODELING FOR CONTROLLING THERMAL REGIMES OF THE REACTION-REGENERATIVE SYSTEM CONDUCTING THE DEODRIZATION OF THE ISOBUTANE

*Guliyeva N.A.*

*Key words:* reaction-regeneration system, the dehydrogenation of isobutane, mathematical modeling, non-stationary mode, dynamic characteristic

The article is devoted to the modeling of thermal regimes of the reaction-regeneration system, which carries out the process of isobutane dehydrogenation. The result of mathematical modeling and parametric identification on the basis of which the dynamic characteristics are investigated is presented.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	02.05.2018
	Son variant	25.06.2018

УДК 66.099.2.012.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО СУПЕРФОСФАТА, СОДЕРЖАЩЕГО В СОСТАВЕ МИКРОЭЛЕМЕНТ ВАНАДИЙ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

<sup>1</sup>РУСТАМОВ ЯВУЗ ИСМАЙЫЛ оглу<sup>2</sup>ГУРБАНОВ МУРАД ШАБАН оглу*Институт полимерных материалов НАНА, 1-член. корр. НАНА, профессор, 2-в.н.с.*[yavuz.rustamov@mail.ru](mailto:yavuz.rustamov@mail.ru)

**Ключевые слова:** гранулированный суперфосфат, использованный ванадий, содержащий катализатор, носители, окисление, нитрат калия, микроэлементы.

*Было исследовано получение гранулированного суперфосфата, имеющего в составе микроэлемент – ванадий. С этой целью были использованы отходы ванадиевого катализатора, употребляющегося в производстве серной кислоты. В этих отходах окись калия ( $K_2O$ ) и окись алюминия ( $Al_2O_3$ ) как носители имеют особое значение. Было показано, что добавление к порошкообразному суперфосфату ванадийсодержащих отходов, а также их гранулирование повышает урожайность посевных полей.*

Получение гранулированного суперфосфата, содержащего в составе микроэлементы, имеет особую практическую значимость. В этой статье были изучены закономерности получения гранулированного суперфосфата, содержащего в составе микроэлемент ванадий, и использование его в сельском хозяйстве. С этой целью был использован компонент, в составе которого имеется окись ванадия ( $V_2O_5$ ), который был употреблен как катализатор при производстве серной кислоты. Этот катализатор состоит из двух слоев. Первый слой играет роль носителя, поверхностный слой – окислителя ( $V_2O_5$ ). Слой носителя образуется из  $Al_2O_3$  и  $K_2O$ . Добавленный в суперфосфат 2-3%-ный отработанный катализатор, имеющий в составе ванадий, одновременно решает несколько задач. Основной из задач является повышение эффективности гранулированного суперфосфата в сельском хозяйстве и, одновременно, использование отходов, образующихся при производстве серной кислоты [1]. При использовании этого отхода, имеющийся в его составе  $V_2O_5$ , способствует окислению атмосферного азота, который обогащает посевную землю азотным удобрением. С этой целью академик Т.М.Нагиев впервые в своих научных работах проводил окисление атмосферного азота с помощью перекиси водорода ( $H_2O_2$ ) [2, 3]. Расширение научных работ по окислению атмосферного азота, проводящиеся катализаторными отходами, являются технологически и экономически выгодными. Окисление атмосферного азота отходом катализатора ( $V_2O_5$ ), описываемое в данной работе, также является технологически и экологически выгодным. При этом ванадий играет роль специфического катализатора в процессе биофиксации молекулярного азота [4, 5]. Азотная кислота, образующаяся при окислении азота, нейтрализуется окисью калия ( $K_2O$ ), содержащейся в составе ванадийного катализатора, обеспечивает обогащение земли посевного поля комплексным удобрением, то есть, элементами калия и азота. С другой стороны, добавленные к порошкообразному суперфосфату до гранулирования  $Al_2O_3$  и  $K_2O$  обеспечивают длительность сохранения гранулированного суперфосфата в земле [6,7]. В таблице 1 приведено влияние

использованного ванадиевого катализатора на процесс гранулирования и качество суперфосфата.

**Таблица 1.**

*Характеристические показатели суперфосфата с отработанным катализатором, содержащим ванадий, и без него.*

Показатели	Гранулированный суперфосфат	
	Без ванадия	С ванадием
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> расчетный состав суперфосфата, %	19.8	19.7
Количество H <sub>2</sub> O, %	4	3.5
Выход товарных гранул, %	63	76
Механическая прочность гранул, МПа	1.0	1.8

Как видно из таблицы 1, вещества, добавляемые к порошкообразному суперфосфату в процессе его гранулирования, повышают выход целевого продукта. Поэтому изучение кинетических закономерностей процесса и математическое описание взаимосвязи между параметрами положительны с технологической точки зрения.

Нижеуказанные дифференциальные уравнения отражают равенство по выходу целевого продукта.

$$-\frac{dC_A}{d\tau} = KC_A \quad (1)$$

$$\frac{dC_A}{C_A} = -Kd\tau \quad (2)$$

При изменении  $C_A - C_{A_0} < C_A < C_{A_1}$  и  $0 < \tau < \tau_1$

Интегрируя формулу (2), получили

$$\ln C_A - \ln C_{A_0} = -K\tau_1 \quad (3)$$

$$\ln \frac{C_A}{C_{A_0}} = -K\tau_1 \quad (4)$$

$$\frac{C_A}{C_{A_0}} = \exp(-K\tau_1) \quad (5)$$

$$C_A = C_{A_0} \cdot \exp(-K\tau_1) \quad (6)$$

где, K – кинетический коэффициент, 1/с;  $\tau$  – время, пренебрегая индукционный период, гранулирования, с;  $C_A$  – выход гранулированной фракции, кг/кг;  $C_{A_0}$  – концентрация порошкообразного суперфосфата, содержащего в составе ванадий. Кинетический коэффициент в составе уравнения (6) экспериментально определен и показан в таблице 2.

**Таблица 2.**

*Значения коэффициента K.*

Значения кинетического коэффициента K, 1/сек при гранулировании суперфосфатной смеси	
С добавкой отработанного ванадиевого катализатора	Без добавки отработанного ванадиевого катализатора
0.030	0.0260

Как видно из таблицы 2, значения кинетического коэффициента с добавкой ванадиевого катализатора и без него очень мало различаются. Гранулированный суперфосфат, имеющий в составе отработанный ванадиевый катализатор, был проверен в сельском хозяйстве.

Проверка лабораторной партии в сельском хозяйстве показала, что это удобрение повышает урожайность поля засева на 15-18%. Это связано с тем, что имеющаяся в составе удобрения окись ванадия ( $V_2O_5$ ), окисляя атмосферный азот, ускоряет подачу элемента азота в поле засева. В таблице 3 приведены данные по применению гранулированного суперфосфата с добавленным  $V_2O_5$ , в сельском хозяйстве.

**Таблица 3.**

*Результаты расчета количества гранулированного суперфосфата, содержащего ванадиевый катализатор, взятого для испытания в сельском хозяйстве на 1 сот поля засева.*

Удобрения гранулированный суперфосфат с низким составом $V_2O_5$	Поле засева, сот ( $100m^2$ )	Количество использованного удобрения, кг/сот	Прибавка гороха, кг/сот
0.13% $V_2O_5$	1.0	5	22
0.25% $V_2O_5$	1.0	5	25
Без $V_2O_5$	1.0	5	15

Из таблицы 3 видно, что использование гранулированного суперфосфата, содержащего в составе ванадий, способствует увеличению урожайности гороха на 7-10 кг/сот.

Таким образом, производство ванадиевого удобрения в промышленном масштабе и применение его в сельском хозяйстве является одним из важных вопросов. В конце мы можем отметить, что вышеуказанные испытания проводились в селе Ивановка Исмаиллинского района и в Институте почвоведения Министерства сельского хозяйства. Получены акты по проведению испытаний.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авт. свид. 615050; Бюл. изобрет., 1978, №21.
2. Naghiyeva İ.T., Ali-zadeh N.I., Naghiyev T.M. Gas-phase oxydation pyridine with nitrouz oxide. // 6<sup>th</sup> EuCheMS Chemistry Congress. 11-15 September 2016. Seville. Spain. Topic – 83. p.696, p.157.
3. Naghiyev T.M. Coherent Synchronized Oxidation reactions by Hydrogen Peroxide. Elsevier. Amsterdam. 2007, 340 p.
4. Рустамов Я.И., Оруджев С.С. Использование отходов сернокислотных производств для получения удобрения с микроэлементами // Тез. док. Респ. конф. Исследование в области использования вторичных ресурсов химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, Баку, 1990.
5. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях, Пер. с англ., М.: Мир, 1989, 439 с.
6. Рустамов Я.И. Исследования процесса получения ванадийсодержащего суперфосфата в промышленном грануляторе и выдача технологического регламента. Сборник рефератов НИР и ОКР, 1987, №16, с.36-39.
7. Məmmədov V.A., Alosmanov M.S. və b. Təbii mineral və üzvi xammal əsasında kompleks gübrənin hazırlanma texnologiyasının işlənməsi // Kimya problemləri jurnalı, 2015, №3, с.313-318.

## XÜLASƏ

### TƏRKİBİNDƏ VANADIUM MİKROELEMENTİ OLAN DƏNƏVƏR SUPERFOSFATIN ALINMASI PROSESİNİN TƏDQIQI VƏ KƏND TƏSƏRRÜFATINDA İSTİFADƏSİ

*Rüstəmov Y.İ., Qurbanov M.Ş.*

*Açar sözlər: dənəvər superfosfat, vanadium tərkibli işlənmiş katalizator, mikroelement, daşıyıcı, kalium nitrat, oksidləşdirici*

Laboratoriya şəraitində tərkibində vanadium olan dənəvər superfosfatın alınması prosesi öyrənilmişdir. Bunun üçün sulfat turşusunun istehsalı qurğusunda işlədilən vanadium katalizatorunun tullantısından istifadə olunmuşdur. Həmin tullantının tərkibində daşıyıcı kimi olan  $K_2O$  və  $Al_2O_3$  oksidləri müsbət rol oynayır. Göstərmək lazımdır ki, həmin tullantının tozvari superfosfata əlavə edilərək dənəvərləşdirilməsi kənd təsərrüfatında əkin sahələrinin məhsuldarlığının yüksəlməsində müsbət rol oynayır.

## SUMMARY

### INVESTIGATION OF PREPARATION PROCESS OF GRANULATED SUPERPHOSPHATE CONTAINING MICROELEMENT OF VANADIUM AND ITS USE IN AGRICULTURE

*Rustamov Y.I., Gurbanov M.Sh.*

*Key words: granulated superphosphate, used vanadium-containing catalyst, bearers, oxidation, potassium nitrate, microelements*

The preparation process of the granulated superphosphate containing microelement – vanadium has been investigated. With this aim there have been used the wastes of the vanadium catalyst used in the production of sulphuric acid. In these wastes the potassium oxide ( $K_2O$ ) and aluminum oxide ( $Al_2O_3$ ) have special value as bearers. It has been shown that an addition of the vanadium-containing wastes to powdery superphosphate and also their granulation increase the productivity of sown areas.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	21.02.2018
	Son variant	25.06.2018

UOT 681.586

**KİÇİK XƏTTİ YERDƏYİŞMƏLƏR VERİCİSİNİN NƏZƏRİ TƏDQIQI**<sup>1</sup>SƏTTAROV VAQİF QAFAR oğlu<sup>1</sup>ƏHMƏDOVA TAMELLA ƏHMƏD qızı<sup>1</sup>DADAŞOVA RƏNA BƏHRAM qızı<sup>2</sup>QULİYEVA AİDƏ İSMAYIL qızı

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

[sdu.elmixeberler@mail.ru](mailto:sdu.elmixeberler@mail.ru)*Açar sözlər: verici, müqavimət, maqnit seli, gərginlik, xətti yerdəyişmə, tədqiqat*

Elmi-texniki tərəqqinin geniş vüsət aldığı şəraitdə texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin (TPAİS) etibarlı və dəqiq işləməsi vacib məsələlərdəndir. Bunun üçün TPAİS-in tərkibinə daxil olan ayrı-ayrı blok və elementlər mükəmməl konstruksiyaya, stabil iş rejiminə və yüksək dəqiqliyə malik olmalıdır.

TPAİS-in məlumat ölçmə sistemlərinin ilk elementləri vericilərdir [1]. İnduktiv tipli elektromaqnit vericilər ölçmə obyektindən alınan qeyri-elektrik kəmiyyətlərini elektrik kəmiyyətinə çevirməyə imkan verir. Dərinlik nasoslu neft quyularının teledinamometrlemə sistemləri üçün mancanaq dəzgahının balansirinin dönmə bucağını və nasosun cilalanmış çubuğuna düşən qüvvələri ölçən birözlü vericilərdən istifadə edilir [2]. Göstərilən vericilərin konstruksiyasının təkmilləşdirilməsi və metroloji xarakteristikalarının yaxşılaşdırılmasına imkan verən çıxış e.h.q.-sinin alınması məqsədilə onların nəzəri tədqiqatı aparılmalıdır.

Qeyri-elektrik kəmiyyətləri ölçən vericilərin çıxış parametrlərinin dəyişməsinin xarakteri əsasən onların konstruktiv quruluşundan və prinsipial elektrik sxemlərindən asılıdır. Bu məsələnin həlli ümumi şəkildə çətin olduğuna görə hər bir konkret verici üçün ayrılıqda nəzəri tədqiqat aparılmalıdır.

Amplitud çıxışlı birözlü kiçik xətti yerdəyişmələr vericisinin nəzəri tədqiqatına baxaq [3].

Vericinin gövdəsinin daxili divarı ilə hərəkətli nüvənin en kəsiyi arasındakı hava məsafəsi  $\delta$ -nın qiyməti dəyişəndir. Hər bir sarğacda təsirlənmə dolağı və ölçü dolağı yerləşdirilmişdir. Dolaqlar bir-birləri ilə diferensial sxem üzrə birləşdirilir.

Neft quyusunda nasosun cilalanmış çubuğunun [2] təsiri altında hərəkətli nüvənin yerdəyişməsi zamanı ölçü dolağının bir yarısında e.h.q.-si artır, o biri yarısında isə azalır, ümumi dövrdə həmin e.h.q.-nin fərqi ibarət olan nəticəvi çıxış e.h.q.-si alınır.

Kiçik xətti yerdəyişmələr vericisinin çıxışında alınan e.h.q.-nin analitik ifadəsini almaq məqsədi ilə onun maqnit dövrəsinə (şəkil 1) və ekvivalent əvəz sxeminə (şəkil 2) baxmaq lazımdır. Maqnit dövrəsində və ekvivalent əvəz sxemində aşağıdakı işarələr göstərilmişdir.

$I \cdot W_1$  – təsirlənmə dolağının maqnit hərəkət qüvvəsinin (m.h.q.) mənbəyidir,  $R_{\delta_1}, R_{\delta_2}$  - uyğun hava məsafələrinin maqnit müqavimətləridir.

$Z'_1, Z'_2$  -vericisinin maqnit dövrəsinin  $l'_1, l'_2$  uzunluqlarına uyğun gələn vericinin sol və sağ polad hissələrinin maqnit müqavimətləri,  $Z'_3, Z''_3$  -hərəkətli maqnit keçiricisinin  $l_3$  uzunluğuna uyğun gələn maqnit müqavimətləri,  $Z'_n, Z''_n$  - maqnit dövrəsinin  $l_n$  uzunluğuna uyğun gələn vericinin sol və sağ yarısının polad hissələrinin maqnit müqavimətləri,  $Z$  -maqnit dövrəsinin  $l_5, l_6$  uzunluqlarına uyğun gələn polad hissələrinin cəm (yekun) maqnit müqavimətidir.

Vericinin nəzəri hesabını sadələşdirmək üçün maqnit dövrəsinin səpələnmə maqnit selini, nüvədəki güc, histerezis və dövrü cərəyan itkilərini nəzərə almırıq. Hesabat zamanı yük



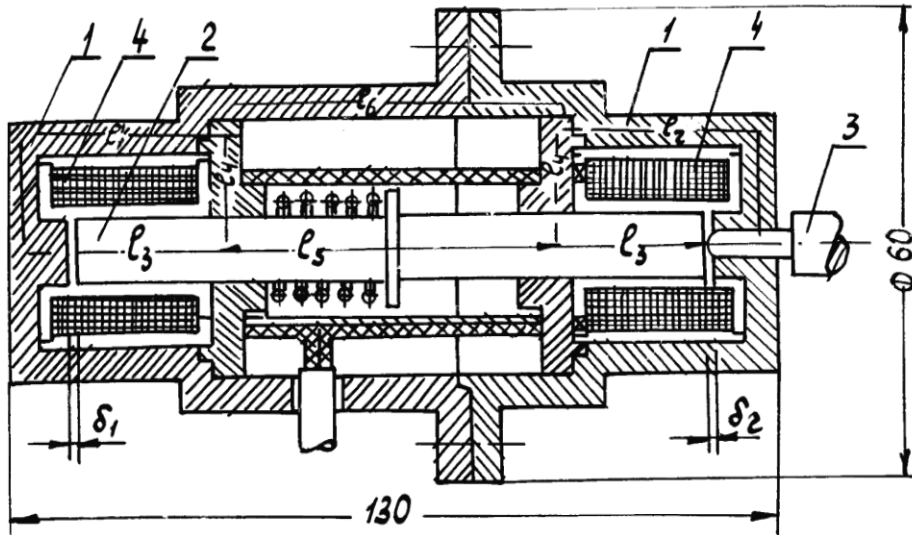
müqavimətinin qiymətini sonsuz böyük nəzərdə tuturuq. (Qəbuledici quruluşların giriş müqavimətləri vericilərin və rabitə xətlərinin daxili müqavimətlərindən çox böyük qiymətə malikdir.)

Vericinin çıxışındakı nəticəvi e.h.q.-si aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$\dot{E}_2 = -j\omega W_2(\dot{\Phi}_1 - \dot{\Phi}_2) \quad (1)$$

Burada  $\omega$ -bəsləyici cərəyanının dairəvi tezliyi,  $W_2$  -ikinci dolağın sarğılarının sayı,  $\Phi_1, \Phi_2$  -vericinin ikinci dolaqlarını kəsən maqnit selləridir. Ekvivalent əvəz sxemində uyğun olaraq, 1-2 və 3-4 nöqtələri arasındakı maqnit gərginliklərini  $U_{m_1}$  və  $U_{m_2}$  işarələyək. Vericinin hər yarısı eyni konstruksiyaya malik olduğuna görə  $Z'_1 = Z'_2, Z'_4 = Z'_3 = Z_4, Z'_3 = Z'_2 = Z_3$  şərtləri ödənilir:

Şəkil 1-dən görüldüyü kimi,  $Z$  müqavimətdən keçən maqnit seli  $U_{m_1}$  və  $U_{m_2}$  maqnit gərginliklərinin fərqiəndən asılıdır.



Şəkil 1. Kiçik xətti yerdəyişmələr vericisinin konstruksiyasının maqnit dövrəsi

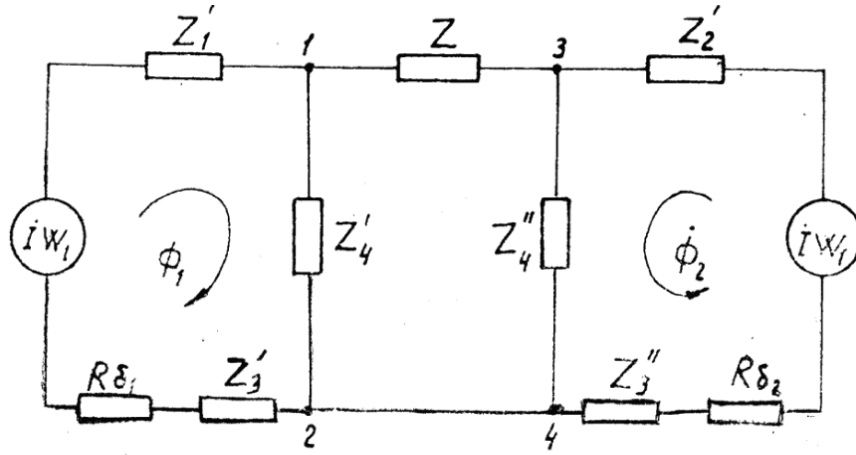
Qeyd etmək lazımdır ki,  $Z_n$  müqavimətinin qiyməti vericinin hər yarısının maqnit dövrəsinin tam müqaviməti  $Z$  müqavimətindən çox kiçikdir. Buna görə  $U_{m_1}, U_{m_2}$  maqnit gərginliklərinin qiymətləri dövrənin digər hissələrinin maqnit gərginliklərindən müqayisə ediləcək dərəcədə kiçik qiymətə malik olacaqdır. Beləliklə, 1-3 nöqtələri arasındakı maqnit selini nəzərə almamaq olar.

Yuxarıdakılara əsasən ekvivalent əvəz sxeminin I və II konturlarına ayrı-ayrı sərbəst dövrələr kimi baxmaq olar. Beləliklə,  $\Phi_1$  və  $\Phi_2$  maqnit selləri aşağıdakı ifadələrdən tapıla bilər:

$$\dot{\Phi}_1 = \frac{\dot{I}W_1}{R_{\delta_1} + Z_1 + Z_3}, \quad (2)$$

$$\dot{\Phi}_2 = \frac{\dot{I}W_1}{R_{\delta_2} + Z_2 + Z_3}. \quad (3)$$

Burada  $Z_1 = Z'_1 + Z'_4, Z_2 = Z'_2 + Z'_3, \dot{I}$  - təsirlənmə cərəyanı,  $W_1$  - təsirlənmə dolağının sarğıları sayıdır.



Şəkil 2. Kiçik xətti yerdəyişmələr vericisinin maqnit dövrəsinin ekvivalent əvəz sxemi

Hava məsafələri hissələrinin maqnit müqavimətlərinin qiymətləri aşağıdakı ifadələrdən tapılır.

$$R_{\delta} = \frac{\delta_1}{\mu_0 S_{\delta}}; \quad R_{\delta 2} = \frac{\delta_2}{\mu_0 S_{\delta}} \quad (4)$$

Burada  $\delta_1$  və  $\delta_2$  - hava məsafəsinin hissələri,  $\mu_0$  -havanın maqnit nüfuzluluğu,  $S_{\delta}$  -hava məsafəsinin aktiv sahəsidir.

Polad hissələrinin maqnit müqavimətlərinin qiymətləri aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$Z_1 + Z_3 = \frac{l_1}{\mu\mu_0 S_1} + \frac{l_3}{\mu\mu_0 S_3} = \frac{1}{\mu\mu_0 S_3} \cdot \left( l_1 \frac{S_3}{S_1} + l_3 \right), \quad (5)$$

$$Z_2 + Z_3 = \frac{l_2}{\mu\mu_0 S_2} + \frac{l_3}{\mu\mu_0 S_3} = \frac{1}{\mu\mu_0 S_3} \cdot \left( l_2 \frac{S_3}{S_2} + l_3 \right).$$

Burada  $l_1 = l_1' + l_4$ ,  $l_2 = l_2' + l_4$ ,  $\mu$  - poladın nisbi maqnit nüfuzluluğu,  $S_1, S_2$  -hərəkətsiz maqnit keçiricisinin uyğun olaraq sağ və sol hissələrinin en kəsiklərinin sahələri,  $S_3$  - hərəkətli maqnit keçiricisinin aktiv en kəsiyinin sahəsi,  $l_1$  və  $l_2$  - vericisinin uyğun olaraq, sağ və sol yarısının maqnit dövrələrinin orta uzunluqları,  $l_3$  -maqnit dövrəsinin uzunluğunun bir hissəsidir.

Göstərilən verici üçün ödənilən:  $S_1 = S_2$ ,  $S_{\delta} = S_3 = S$ ,  $l_1 = l_2$  şərtlərini nəzərə almaqla (4) və (5) ifadələrini (2) və (3)-də yerinə yazdıqda  $\Phi_1$  və  $\Phi_2$  maqnit selləri aşağıdakı ifadələrdən tapılır:

$$\Phi_1 = \frac{iW_1}{\frac{\delta}{\mu_0 S} + \frac{1}{\mu\mu_0 S} \cdot \left( l_1 \frac{S}{S_1} + l_3 \right)}, \quad (6)$$

$$\Phi_2 = \frac{iW_1}{\frac{\delta_2}{\mu_0 S} + \frac{1}{\mu\mu_0 S} \cdot \left( l_1 \frac{S}{S_1} + l_3 \right)}. \quad (7)$$

(6) və (7) ifadələrini (1)-də yerinə yazmaqla çevrilmələrdən sonra vericinin çıxışındakı e.h.q. üçün alınır:

$$\dot{E}_2 = -j\omega W_1 W_2 \dot{i} \left[ \frac{1}{\mu\mu_0 S (\delta_1 \mu + l_1 \frac{S}{S_1} + l_3)} - \frac{1}{\mu\mu_0 S (\delta_2 \mu + l_1 \frac{S}{S_1} + l_3)} \right]$$

və ya

$$\dot{E}_2 = -j\omega W_1 W_2 \dot{I} \mu_0 S \mu \frac{(\delta_2 - \delta_1) \mu}{(\delta_1 \mu + a)(\delta_2 \mu + a)} . \quad (8)$$

Burada  $a = l_1 \frac{S}{S_1} + l_3$

Təsirlənmə cərəyanı  $\dot{I}$  aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{2R + j\omega(L_1 + L_2)} . \quad (9)$$

Burada  $2R$ - vericinin təsirlənmə dolağının aktiv müqaviməti,  $L_1$  və  $L_2$  - vericinin uyğun olaraq sol və sağ konturlarının induktivlikləri aşağıdakı kimi tapılır:

$$L_1 = \frac{W_1^2}{R_{\delta_1} + Z_1 + Z_3}, \quad L_2 = \frac{W_2^2}{R_{\delta_2} + Z_2 + Z_3} . \quad (10)$$

Hava hissələrinin  $R_{\delta_1}, R_{\delta_2}$  maqnit müqavimətləri polad hissənin  $Z_1, Z_2$  və  $Z_3$  maqnit müqavimətlərini (10) - da yerinə yazdıqda induktivliklər üçün alınır.

$$L_1 = \frac{W_1^2}{\frac{\delta_1}{\mu_0 S} + \frac{1}{\mu \mu_0 S} \left( l_1 \frac{S}{S_1} + l_3 \right)}, \quad L_2 = \frac{W_2^2}{\frac{\delta_2}{\mu_0 S} + \frac{1}{\mu \mu_0 S} \left( l_2 \frac{S}{S_2} + l_3 \right)} . \quad (11)$$

Alınmış  $L_1$  və  $L_2$  induktivliklərini və (11) ifadəsini nəzərə aldıqda bir sıra çevirmələrdən sonra təsirlənmə cərəyanı təyin edilir:

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{2R + j\omega L_\mu} . \quad (12)$$

Burada  $L_\mu = W_1^2 \mu \mu_0 S \frac{\delta_0 \mu + 2a}{(\delta_1 \mu + a)(\delta_2 \mu + a)}$ ,  $\delta_0 = \delta_1 + \delta_2$ .

Göstərilən (12) ifadəsini (8)-də yerinə yazmaqla çıxış e.h.q. -si üçün alınır:

$$\dot{E}_2 = -j\omega \frac{W_2}{W_1} \dot{U} \frac{(\delta_2 - \delta_1) \mu L_\mu}{\delta_0 \mu + 2a} \cdot \frac{2R - j\omega L_\mu}{4R^2 + \omega^2 L_\mu^2} .$$

Çıxış e.h.q.-nin modulu aşağıdakı düsturdan təyin edilir:

$$E_2 = \omega \frac{W_2}{W_1} U \frac{(\delta_2 - \delta_1) \mu L_\mu}{(\delta_0 \mu + 2a) \sqrt{4R^2 + \omega^2 L_\mu^2}} . \quad (13)$$

Beləliklə, alınmış (13) ifadəsi TPAİS sənayenin müxtəlif sahələrində tətbiq oluna bilən kiçik xətti yerdəyişmələr vericisinin çıxış e.h.q.-nin bütün konstruktiv, maqnit və elektrik kəmiyyətlərindən asılılığını təyin etməyə imkan verir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Агейкин Д.И., Костина Е.Н., Кузнецова Н.Н. Датчики контроля и регулирования. М., Машиностроение, 1985, 628 с.
2. Səttarov V.Q., Əhmədova T.Ə., Dadaşova R.B. Elektromaqnit fiziki kəmiyyətlər vericilərinin tətbiqi // SDU, Elmi xəbərlər, Təbiət və texniki bölmə, cild 17, № 2. Sumqayıt: SDU, 2017, s.81-84.
3. Нейман, В.Л. Коровкин, В.Л. Чечурин. Теоретические основы электромеханики: учебник для вузов: в 3Т/Л.Р. СПб; Питер, 2003

**РЕЗЮМЕ  
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКА МАЛЫХ  
ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ.**

*Саттаров В.Г., Ахмедова Т.А., Дадашева Р.Б., Кулиева А.И.*

*Ключевые слова: датчик, сопротивление, магнитный поток, напряженность, линейные перемещения, исследование*

В статье изложены результаты теоретических исследований получения аналитического выражения выходной электродвижущей силы датчика, позволяющего преобразовать малые линейные перемещения в электрические сигналы.

**SUMMARY  
THEORETICAL RESEARCH OF TRANSMITTER OF SMALL  
LINEAR DISPLACEMENTS**

*Sattarov V.G., Ahmadova T.A., Dadashova R.B., Guliyeva A.I.*

*Key words: transmitter, resistance, magnetic flux, tension, linear displacement, research.*

As a result of theoretical researches, an analytical expression of electrical conductor of the transmitter has been obtained, which allows the transformation of small linear displacements into electrical signals.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	09.02.2018
	Son variant	25.06.2018

УДК 621.313.333.0 01.6

## РАЗРАБОТКА МИНИМАЛЬНЫХ ТЕСТОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

<sup>1</sup>АХМЕДОВ ДИЯР АСЛАН оглу

<sup>2</sup>АХМЕДОВ АСЛАН ДИЯР оглу

<sup>2</sup>ИСЛАМОВ ИСЛАМ ЗАЛЫ оглу

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

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

*Ключевые слова:* асинхронный двигатель, неисправность, диагностика технического состояния, параметры контроля, обмотка статора.

**Введение.** Эффективному применению асинхронных двигателей АД для приводов различных механизмов препятствует относительно высокая повреждаемость, которая составляет примерно 25% общего числа установленных двигателей. Поэтому нахождение в ранней стадии неисправностей и восстановление работоспособности АД имеет важное значение для повышения экономичности производства.

Основная трудность в решении этой задачи заключается в том, что пока недостаточно исследованы отдельные неисправности АД на предмет получения диагностирующей информации и не определены специальные информативные параметры, характеризующие изменение величин и характеристик электромагнитного, вибрационного и акустических процессов их функционирования при возникновении соответствующих неисправностей. При этом важно учитывать, что в отличие от ряда других технических устройств в АД между главными функциональными узлами, как обмотка статора, сердечник, воздушный зазор, ротор, подшипниковые узлы, существует взаимозависимость между техническими состояниями этих узлов.

Для решения данной задачи необходимо определить параметры диагностического контроля неисправностей и предложить новые эффективные способы экспресс оценки технического состояния АД непосредственно в процессе работы и при этом применить методы общетехнической диагностики [1,2].

В настоящей статье рассматривается возможность применения логического метода для получения диагностирующей информации с целью экспресс-оценки технического состояния АД в условиях работы.

**Постановка задачи.** Практика эксплуатации АД показывает, что на начальных этапах возникновения неисправностей главные энергетические показатели могут оставаться в заданных значениях, но резко меняются при явно выраженных повреждениях [1,2]. Множество неисправностей и обусловленное ими множество технических состояний в машине может быть описано с помощью набора соответствующих диагностических параметров. Располагая таким набором диагностических параметров, удобно построить математическую модель технического состояния машины, имеющий логический характер, например, в виде булевой матрицы, позволяющей построить минимальные тесты [1]. Реализуя такие диагностические тесты можно определить соответствующие неисправности АД. Поэтому для решения поставленной задачи важное значение имеет определение информативных параметров, характеризующих соответствующие неисправности диагностических взаимосвязанных узлов.

**Экспериментальные исследования.** Для предварительного определения диагностических параметров и последующей их экспериментальной проверки считается

целесообразным построить логическую диагностическую модель [ДМ], АД с учетом взаимосвязей между ее функциональными узлами [2]. Для примера на рис.1 предлагается обобщенная ДМ, АД, построенное для случая, когда в обмотке статора возникают электрические повреждения, межвитковые или межфазные замыкания. Диагностические воздействия поврежденного узла на другие узлы показаны стрелками. Для наглядности диагностические воздействия от токов в КЗ контуре, который образуется в обмотке статора при межвитковых и межфазных замыканиях, показаны пунктирными стрелками.

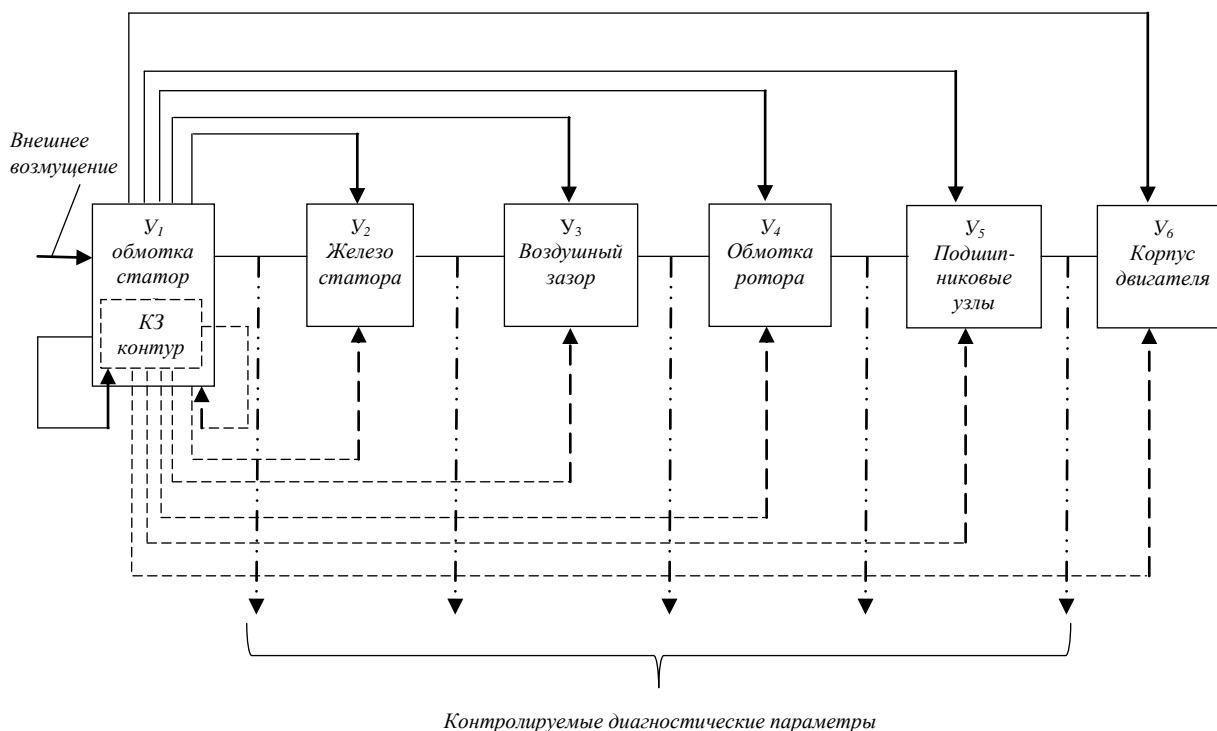


Рис. 1. Пример обобщенной диагностической модели АД.

Из вышеизложенного следует, что при электрических КЗ, а обмотке статора (неисправности узла  $Y_1$ ) условные неисправности могут возникать в других узлах, что на модели рис.1 показаны стрелками, направленными от поврежденного узла к соответствующим узлам. Для проверки предварительных диагностических параметров и определения данных количественного и качественного изменения их при соответствующих неисправностях, проведены экспериментальные исследования ряда неисправностей АД. Сущность при этом заключается в том, что, задавая отдельные неисправности искусственно в условиях работы АД в режимах холостого хода и нагрузок, определены степень и влияния их на параметры и характеристики электромагнитного, вибрационного и акустического процессов функционирования. Искусственные межвитковые и межфазные замыкания в различных фазах в обмотке статора создаются с помощью проводов, предварительно выведенных наружу из различной секции лобовой части обмотки. Для имитации переходного сопротивления в точке замыкания эти провода соединяются через регулируемые активные сопротивления, позволяющее также изменить значение тока в короткозамкнутом контуре и получить неисправность различной степени [3].

Эксперименты проводились на АД типа 4А100SУ3 3,0 кВт, 1450 об/мин. Установлено влияние межвиткового замыкания на вибросмещение ( $A$ ), вибрационную скорость ( $v$ ), вибрационное ускорение ( $\alpha$ ), средний уровень шума ( $L$ ), а также на гармонические составляющие указанных параметров. Для примера в табл.1. приведена часть данных, полученных при экспериментальном исследовании АД.

**Таблица 1.**

Режим холостого хода	Вибрационные параметры в различных точках корпуса асинхронного электродвигателя типа 4А100S4У3 (при межвитковом замыкании в фазе А обмотки статора)								
	Вибросмещение, мкм			Вибр. скорость, мм/с			Вибр. ускорение м/с <sup>2</sup>		
	В	П	О	В	П	О	В	П	О
Неисправность отсутствует	55/80	45/70	55/90	0,2/0,4 5	0,26/0,6	0,3/0,5	1,6/2,4	0,6/1,1	1,5/1,9
Неисправность задана: ток в межвитковом КЗ контуре: 2А	60/110	50/100	60/95	0,6/2,0	0,32/1,0	0,5/1,6	3,8/4,5	1,2/3,0	3,1/4,0
10А	75/130	70/120	85/180	1,8/3,5	1,1/1,8	1,4/2,9	6,5/8,7	4,0/7,2	7,0/8,5
15А	90/170	110/150	100/170	3,3/4,8	1,9/2,9	2,4/3,5	10,4/11,5	6,0/8,9	9,6/10,5

*Примечание.* В числителе приведены данные для режима холостого хода ( $I=0$ ) в знаменателе – для режима нагрузки.

Они получены для вертикальной (В), поперечной (П) и осевой (О) точек корпуса машины. Измерения параметров вибрационных процессов проводились виброметром 1621 (фирмы Вгуул-Куаег). При измерении параметров вибрационных процессов одновременно проводились также их осциллографирования в идентичных условиях и одинаковом масштабе. Данные характеризующие изменения акустических параметров (уровня шума) и полученные в ходе экспериментальных исследований АД (типа 4А132М4У3, 11кВт, 1450 об/мин) при указанных неисправностях приводится в табл. 2.

**Таблица 2.**

Режим		Изменение уровня шума, дБ, для различных режимов работы		
		$I=0$	$I=0,5I_{НОМ}$	$I=I_{НОМ}$
Неисправность отсутствует		59	53	58
Неисправность задана, ток в коротком замкнутом контуре	7А	66	58	61
	15А	70	63	65
	30А	75	71	67

При гармоническом анализе спектра измеряемых величин определено, что наиболее чувствительными к электрическим повреждениям оказалась гармоника 900 Гц [3].

Изменение значений гармонических составляющих при указанных замыканиях определенным образом влияет и на форму кривой фазных величин, и на распределение магнитного поля на наружной поверхности корпуса АД. Исследование неисправности, обусловленной обрывом стержней обмотки короткозамкнутого ротора в АД, проводили предварительно, создавая ее искусственно путем сверления трех стержней в пазах АД типа. В процессе проведения экспериментов было установлено, что при указанной неисправности напряжения трогание с места ротора АД уменьшается из-за действия дополнительного момента, созданного в направлении вращения ротора от обратного поля, образованного за счет нарушения симметрии в обмотке ротора. А также было установлено, что при наличии короткозамкнутых витков в одной из фаз обмотки статора ротор начинается двигаться наоборот при большом напряжении, чем у исправного двигателя. После проведения опытов в просверленные отверстия заворачивались винты, чем обеспечивалось нормальное состояние ротора двигателя. Указанные признаки также

являются диагностическими и позволяют проводить экспресс оценку технического состояния АД.

**Теоретическая часть.** В результате экспериментов определён набор некоторых информативных параметров и признаков диагностического контроля неисправностей в АД. Как известно, каждый из этих параметров можно контролировать с помощью соответствующих элементарных проверок. Для рассматриваемого набора такими элементарными проверками могут быть следующие:  $k_1$ -проверка признака неравномерного увеличения значений третьей гармоники в фазных величинах обмотки статора ( $z_1$ );  $k_2$ -проверка признака частичной компенсации третьей гармоники в фазных величинах одной фазной обмотки статора ( $z_2$ );  $k_3$ -проверка признака уменьшения основной гармоники в фазных величинах обмотки статора ( $z_3$ );  $k_4$ -проверка признака увеличения вибро смещения ( $A$ , мкм) в функциональных узлах ( $z_4$ );  $k_5$ - проверка признака увеличения скорости вибрации  $v$ , мм/с ( $z_5$ );  $k_6$ -проверка признака увеличения вибрационного ускорения  $a$ , мм/с<sup>2</sup> ( $z_6$ );  $k_7$ -проверка признака увеличения среднего шума в машине  $L$ , дБ ( $z_7$ );  $k_8$ -проверка признака увеличения внешнего электромагнитного поля на корпусе ( $z_8$ ) ;  $k_9$ -проверка признака увеличения индукции в лобовых частях обмотки статора ( $z_9$ );  $k_{10}$ -проверка признака увеличения суммы абсолютных значений коэффициентов спектрального анализа ряда Фурье реализаций временных функции  $v=f(t)$ ;  $a=f(t)$  ( $z_{10}$ );  $k_{11}$ -проверка признака увеличения суммы абсолютных значений коэффициентов спектрального анализа ряда Фурье реализаций временных функции  $L= f(t)$  ( $z_{11}$ );  $k_{12}$  - проверка признака увеличения вибрационного ускорения в лобовых частях обмотки статора от воздействия электродинамических усилий при межфазных КЗ ( $z_{12}$ );  $k_{13}$ -проверка признака уменьшения напряжения трогания с места ротора ( $z_{13}$ );  $k_{14}$ -проверка признака увеличения напряжения трогания с места ротора ( $z_{14}$ );  $k_{15}$ -проверка признака увеличения сопротивления  $z_k$  обмотки статора ( $z_{15}$ ). В множество неисправностей включаются только следующие неисправности АД, т.е.:  $S(\varepsilon)$ - эксцентриситет воздушного зазора;  $S(\text{обр. р.})$ -разрыв стержней короткозамкнутого ротора;  $S(\text{МВ})$  – межвитковое замыкание в обмотке статора;  $S(\text{МФ})$  – межфазное замыкание в обмотке статора.

R		Множество элементарных проверок (П)														
		$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$k_9$	$k_{10}$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$	$k_{14}$	$k_{15}$
Множество неисправностей (S)	$S(\varepsilon)$	1	0	0	1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	1
	$S(\text{обр.р.})$	0	1	0	1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x
	$S(\text{МВ})$	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	x
	$S(\text{МФ})$	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	x

Булева матрица АД, построенная для названного множество исследованных неисправностей приведена ниже. В матрице на пересечении строк и столбцов представлены реальные результаты проверок цифрами 1 и 0, характеризующие реакции параметров диагностического контроля при реализации соответствующих элементарных проверок. Результаты неисследованных реакции отдельных проверок при соответствующих неисправностях в матрице опущены и обозначены крестиками.

Из данной матрицы, множество элементарных проверок, необходимых для диагностического контроля неисправностей, определяются следующим образом:

$$\Pi(\varepsilon) = \{k_1, k_4, k_5, k_6, k_7, k_{14}\}; \quad (1)$$

$$\Pi(\text{обр. р.}) = \{k_2, k_4, k_5, k_6, k_7\}; \quad (2)$$

$$\Pi(\text{МВ}) = \{k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7, k_8, k_9, k_{10}, k_{11}, k_{12}, k_{13}, k_{14}\}; \quad (3)$$

$$\Pi(\text{МФ}) = \{k_3, k_4, k_5, k_6, k_7, k_8, k_9, k_{10}, k_{11}, k_{12}, k_{13}, k_{14}\}. \quad (4)$$



Решение данной задачи требует построения минимальных диагностических тестов, для чего из матрицы необходимо найти минимальное множество столбцов, чтобы каждая строка имела 1, по крайней мере, в одном из столбцов. При этом требуемые операции диагностической процедуры при реализации элементарных проверок  $\{k_4-k_6\}$  почти совпадают, так как во всех случаях контролируемым являются параметры вибрации, различен только характер изменения. Поэтому можно использовать одну проверку, например,  $k_6$ . Относительно минимальных диагностических тестов данная булева матрица имеет следующее решение:

$$T_{\min} = \{k_6\} \vee \{k_7\}. \quad (5)$$

При этом, хотя элементарные проверки  $k_7$ , реализуемой для измерения среднего уровня шума, имеют положительные результаты для всех указанных неисправностей, но, однако, на данном уровне исследований с ее помощью однозначное определение вида неисправностей затруднено. Если результаты проверок  $k_6$  и  $k_7$  являются положительными, то в АД возникает одна из неисправностей, указанных в матрице:

$$k_i \in P_{6,7} (R=0) \rightarrow S(\varepsilon) \vee S(\text{обр.р}) \vee S(\text{МВ}) \vee S(\text{МФ}) \quad (6)$$

Для определения вида исследованных неисправностей могут быть использованы параметры вибрационного ускорения, характер изменения которых во многом зависит от вида неисправности. Таким образом, минимальный диагностический тест, построенный на основе упрощенной булевой матрицы, включает в себя только элементарную проверку  $k_6$ :

$$T_{\min} = \{k_6\}. \quad (7)$$

Результаты элементарной проверки  $k_6$  позволяют сделать следующие однозначные выводы:

$$k_6 (R \neq 0) \vee (Z_4=1) \rightarrow S(\varepsilon); \quad (8)$$

$$k_6 (R \neq 0) \vee (Z_5=1) \rightarrow S(\text{обр.р}); \quad (9)$$

$$k_6 (R \neq 0) \vee (Z_6=1) \rightarrow S(\text{МВ}); \quad (10)$$

$$k_6 (R \neq 0) \vee (Z_7=1) \rightarrow S(\text{МФ}). \quad (11)$$

Здесь параметры  $Z_4-Z_6$  характеризуют признаки изменения показателей вибрации.

**Заключение.** Для диагностики технического состояния АД логическим методом необходимо получение информации, соответствующей признаку проявляемой неисправности. С целью оценки влияния неисправностей на электромагнитные, вибрационные и акустические процессы в АД, следует проводить физическое моделирование наиболее часто встречающихся в практике неисправностей.

Для экспресс оценки технического состояния АД, при выполнении физических процессов в качестве наиболее информативных диагностических параметров целесообразно использовать параметры вибрационного процесса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978, 230 с.
2. Гашимов М.А. Диагностирование неисправностей электроэнергетических машин при междуфазных замыканиях в обмотке статора // Электричество. 1987, №4, с.53-56.
3. Мустафаев Р.И., Ахмедов Д.А., Бабаев А.Д., Ахмедов А.Д. Диагностирование неисправностей асинхронных электродвигателей на основе сравнения кривых интегральной функции распределения параметров вибрационного ускорения // Изв. вузов. Электромеханика. Т.60, 2017, №5, с. 12-17.

**XÜLASƏ**  
**ASINXRON MÜHƏRRİKLƏRİN NASAZLIQLARININ DİAQNOSTİKASININ**  
**MİNİMAL TESTLƏRİNİN İŞLƏNMƏSİ**  
*Əhmədov D.A., Əhmədov A.D., İslamov İ.Z.*

*Açar sözlər: asinxron mühərrik, nasazlıq, texniki vəziyyətin diaqnostikası, nəzarət parametrləri, stator dolağı.*

Asinxron mühərriklərdə (AM) istismar prosesində ən çox rast gəlinən nasazlıqların mühərrikin yüksüz və yük rejimlərində işləmə proseslərində tədqiqi aparılaraq, elektromaqnit, vibrasiya və akustik proseslərə təsiri müəyyənləşdirilmiş, onlara diaqnostik nəzarət etmək üçün informativ parametrlər təyin edilmişdir.

**SUMMARY**  
**THE DEVELOPMENT OF MINIMUM TESTS FOR DIAGNOSIS OF MALFUNCTIONS**  
**OF ASYNCHRONOUS ENGINES**  
*Ahmadov D.A., Ahmadov A.D., Islamov I.Z.*

*Key words: asynchronous motor, malfunction, diagnosis of technical state, control parametres, stator winding .*

Using physical simulation of asynchronous motor failure (AM), we have investigated the conditions of idling and engine load. The influence of individual faults on electromagnetic, vibration and acoustic processes is determined and the parameters of the control of the corresponding faults are revealed.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	12.02.2018
	Son variant	25.06.2018

UOT 621.311.22.

## ENERGETİK QURĞULARDA İSTİLİKVERMƏ PROSESİNİN İNTENSİVLƏŞDİRİLMƏSİ

**İSMAYILOV MAHİR BALACA oğlu**

*Mingəçevir Dövlət Universiteti, dosent*

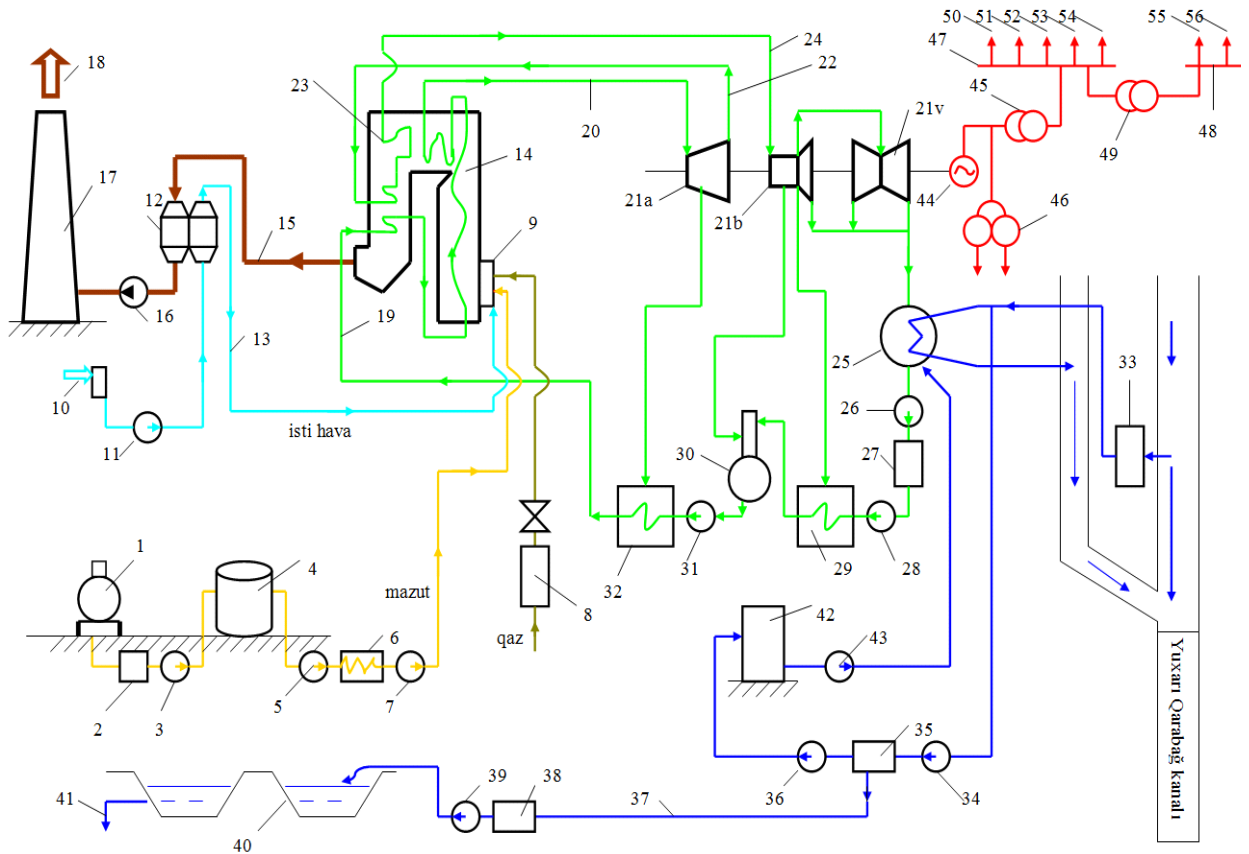
[sdu.elmixeberler@mail.ru](mailto:sdu.elmixeberler@mail.ru)

*Açar sözlər: kritik təzyiq, elektrik enerjisi, istilikvermə, faydalı iş əmsalı, yanacaq*

Energetika sahəsində sənaye müəssisələrində və məişətdə ən çox istifadə edilən istilik enerjisidir. İstilik enerjisi istehsalatda və məişətdə səmərəli olduğuna görə daha çox istifadə edilir. Neft-kimya sənayesində də neft məhsullarının istehsalı prosesi bilavasitə istilik mübadilə prosesləri ilə bağlıdır. İstilik mübadilə qurğularından çox istifadə olunan sənaye müəssisələrindən biri istilik elektrik stansiyalarıdır (İES). İstilik mübadilə qurğularının istismarı prosesi çox mürəkkəb prosesdir. İES-də yüksək təzyiq altında işləyən istilik mübadilə qurğuları əsasən silindrik formada hazırlanır və müəyyən təzyiq və temperatura görə möhkəmlik tələb olunur. Avadanlığın işlədiyi şəraitdən asılı olaraq, işləmə müddəti müəyyən olunur. İES-lər istilik və elektrik yük qrafiklərinə əsasən dəyişən rejimdə işlədiyindən avadanlıqlar da uyğun olaraq dəyişən rejimdə istismar olunur. Bu da istilik avadanlıqlarının işinin daimi, yəni fasiləsiz nəzarətdə saxlanılmasını tələb edir və istismarın mürəkkəbliyinin olduğunu göstərir. İstilik mübadilə prosesi aparılan energetik qurğular təkcə elektrik stansiyalarında deyil, digər sahələrdə də, məsələn, neft-kimya sənayesi, maşınqayırma sənayesi, hərbi sənaye, gəmi nəqliyyatı, kosmik aparatlar və s. sahələrdə geniş istifadə olunur. Ona görə bu elm sahəsi daha aktual sahədir və elmi-tədqiqat işlərinin aparılmasına ehtiyac vardır. İstilikvermə prosesinin tədqiqinə dair indiyədək yerinə yetirilmiş tədqiqat işlərinin nəticələrinin təhlili göstərir ki, baxılan şəraitdə həmin proses hələlki kifayət qədər öyrənilməmiş, istilik mübadilə aparat və qurğularının hesabat və layihələndirilməsində istifadə ediləcək yekun hesabat tənlikləri, tövsiyələr hələ tam işlənib hazırlanmamışdır.

Dünyada istehsal olunan elektrik enerjisinin təqribən 65%-i istilik elektrik stansiyalarının payına düşür. Azərbaycanda isə istehsal olunan elektrik enerjisinin 85%-i İES-lərin payına düşür. Müasir dövrdə elektrik enerjisi cəmiyyətin həyatına, bəşəriyyətin mövcudluğuna, əhalinin əksər fəaliyyət sahələrinə dərinlən nüfuz etmişdir. Energetika sistemində baş verən qəzalar nəticəsində blokların işdən dayanması iqtisadiyyatın və cəmiyyətin normal yaşayışına vurduğu ziyanın miqyası, dağıdıcı təbii fəlakətlərlə eyniləşdirilə bilər. Ona görə də energetika sisteminin etibarlı və dayanıqlı fəaliyyətinin təmin edilməsi həmişə diqqət mərkəzində saxlanılmalıdır.

Enerji, enerji daşıyıcılarının tərkib hissəsidir. Məsələn: təbii qaz, neft, neft məhsulları, uran və s. Bu maddələr özündən enerjini verərək kimyəvi və ya fiziki çevrilmələrə məruz qalmaqda, başqa maddə və ya elementə çevrilir. Yəni yanacaq yanma prosesində oksidləşir (kimyəvi reaksiya) və ya nüvə parçalanması (fiziki) prosesində digər kimyəvi elementə çevrilir. Yanacaq ehtiyatlarının növbəti onilliklərdə getdikcə azalması barədə verilən proqnozlar qənaət və yeni layihələrin yaradılmasını aktuallaşdırır. Təbii sərvətlər (neft, qaz və s.) proqnoza görə təqribən 30 ildən sonra azalmağa başlayacaqdır. Keçən əsrin 90-illərində yaranan enerji böhranı nəticəsində yanacağın qiymətinin artması bütün dünyada yanacağına qənaət məsələsini problem məsələ kimi ortaya çıxarmışdır. Bu problemin həll olunması ilə bağlı dünyanın bir sıra ölkələrində elmi-tədqiqat işləri aparılır və yeni layihələr sınaqdan keçirilir.



**Şəkil 1.** Azərbaycan İES-in texnoloji sxemi

1- mazut çəni, 2- mazutu boşaltma çəni, 3- mazutu yükləmə nasosu, 4- ehtiyat mazut çənləri, 5- mazut nasosları I pillə, 6- mazut qızdırıcısı, 7- mazut nasosu II pillə, 8- qaz tənzimləyici məntəqə, 9- qazanın qaz-mazut odluğu, 10- soyuq hava, 11- üfürücü ventilyator, 12- regenerativ hava qızdırıcıları, 13- isti hava, 14- qazan qurğusu, 15- çıxan qazlar, 16- tüstüorən, 17- tüstü borusu, 18- atmosfərə atılan qazlar, 19- qazana verilən bəsləyici su, 20- iti buxar, 21a- buxar turbininin yüksək təzyiqli silindri, 21b- buxar turbininin orta təzyiqli silindri, 21v- buxar turbininin alçaq təzyiqli silindri, 22- aralıq qızdırıcısına gedən buxar, 23- aralıq buxar qızdırıcıları, 24- qızışmış buxar, 25- kondensator qurğusu, 26- kondensat nasosu I pillə, 27- blok duzsuzlaşdırma qurğusu, 28- kondensat nasosu II pillə, 29- alçaq təzyiqli qızdırıcılar, 30- deaerator, 31- bəsləyici nasos, 32- yüksək təzyiqli qızdırıcılar, 33- sahil nasos stansiyası, 34- xam su nasosu, 35- kimyəvi təmizləmə sexi, 36- kimyəvi təmizlənmiş su nasosu, 37- kimya sexində çirklənmiş su, 38- sənaye suların kompleks təmizlənmə sahəsi, 39- fiziki-kimyəvi təmizlənmiş su nasosu, 40- şlam gölləri, 41- şlam göllərindən bioloji təmizlənməyə verilən su, 42- ehtiyat kondensat çənləri, 43- kimyəvi su ilə doydurma nasosları, 44- elektrik generatoru, 45- blok transformatoru, 46- xüsusi sərfiyyat transformatorları, 47- 330 kv-luq sistem şin, 48- 500 kv-luq sistem şin, 49- avtotransformatorlar, 50- 330 kv-luq (III) hava xətti, 51- 330 kv-luq (IV) hava xətti, 52- 330 kv-luq (V) hava xətti, 53- 330 kv-luq (I) hava xətti, 54- 330 kv-luq (VI) hava xətti, 55- 500 kv-luq (II) hava xətti, 56- 500 kv-luq hava xətti [3].

Bu gün dünyada istehsal, sənaye sahələri getdikcə artın xətlə inkişaf etdiyindən enerjiyə olan tələbat da artmaqdadır. Bu artan elektrik enerjisi tələbatını mövcud elektrik stansiyalarının gücünü artırmaqla və yeni tikiləcək stansiyalarda başlanğıc parametrləri artırmaqla ödəmək olar. Hal-hazırda işləyən stansiyalarda turbinə daxil olan buxarın parametrləri – təzyiqli  $P_0=24$  Mpa (23,54 Mpa), temperaturu isə  $t_0= 540-560$   $^{\circ}$ S-dir. Bu parametrləri yüksəltmək, yəni  $P_0=30$  Mpa,  $t_0= 700-1500$   $^{\circ}$ S qiymətində faydalı iş əmsalını 54-55%-ə qaldırmaq olar.

Buxarın başlanğıc maksimal temperaturu Rusiyada  $t_0= 540-560$   $^{\circ}$ S, ABŞ, Almaniya və Yaponiyada 600-620  $^{\circ}$ S parametrlərlə məhdudlaşır. Bu parametrlərin belə məhdudluğu İES-lərin əsas avadanlıqlarından biri olan buxar qazan qurğusunda istilik mübadilə borularının

etibarlılığı ilə əlaqədardır. Parametrləri yüksəltməklə istilik mübadilə borularının (qazan qurğusunda) bu parametrlərə tab gətirməsi problem kimi ortaya çıxır. Yeni layihələrdə nəzərdə tutulan parametrlərlə işləyən stansiyanın qazan və turbin qurğularında istifadə edilən metalın temperatur rejimlərinin davamlılığı sınaqlarla öyrənilir. Bu, yeni tərkibli metalların (boruların) yaradılması zərurətini yaratmışdır.

Müasir istilik elektrik stansiyalarında yüksək başlanğıc və kiçik son parametrlər ilə işləyən buxar turbinlərində istilik düşgüsü 1200-1500 kC/kq-a çata bilər. Belə yüksək istilik düşgüsü olduqda faydalı iş əmsalı böyük olur. Faydalı iş əmsalını artırmaq üçün turbin qurğusunda pillələrin sayını çox götürürlər. Bəzi elektrik stansiyalarında qaz turbinləri qoyulur. Qaz turbinlərinin əsas iş prinsipləri buxar turbinlərinə uyğundur, buna görə faydalılığa təsir göstərən amillərin çoxu buxar turbinləri ilə eynidir. Qaz turbinlərində turbinin gücünün 60-70%-i kompressorun hərəkətə gətirilməsinə sərf olunur. Buna görə qaz turbinlərində f.i.ə. 30% həddində olur. Stansiyanın faydalılığına əsas təsir edən qurğu buxar turbin qurğusudur. Buxar turbininin daxili gücü

$$N_i = G_0 H_0 \eta_{oi}$$

Burada  $G_0$  – turbinə buxar sərfi, t/saat (kq/san),  $\eta_{oi}$  - turbinin daxili nisbi faydalı iş əmsalı,  $H_0$ - nəzəri istilik düşgüsüdür (kC/kq).

Düsturdan görünür ki, turbinin gücünü artırmaq üçün  $G_0$  – buxar sərfini və  $H_0$ -nəzəri buxar sərfini artırmaq lazımdır.  $H_0$ -ın qiyməti artdıqca gücün də qiyməti artır. Turbində pillələrin sayı artdıqca  $H_0$ - da artır.

İES-in faydalılığının gələcəkdə artırılması başlanğıc parametrlərin artırılması hesabına ola bilər. Bunun üçün isə buxarın yüksək parametrlərində temperatur rejimləri öyrənilməlidir.

Bu məsələ ilə bağlı hal-hazırda iki layihə işlənir;

1. “Toshiba” şirkətinin (Yaponiya) layihəsi; hidrogen yanacağı əsasında yüksək parametrlə buxarla işləyən buxar turbininin layihəsi. Yəni yüksək temperaturlu buxar turbininin yüksək təzyiqli silindri ilə orta təzyiqli silindri arasında hidrogen yandırılması.

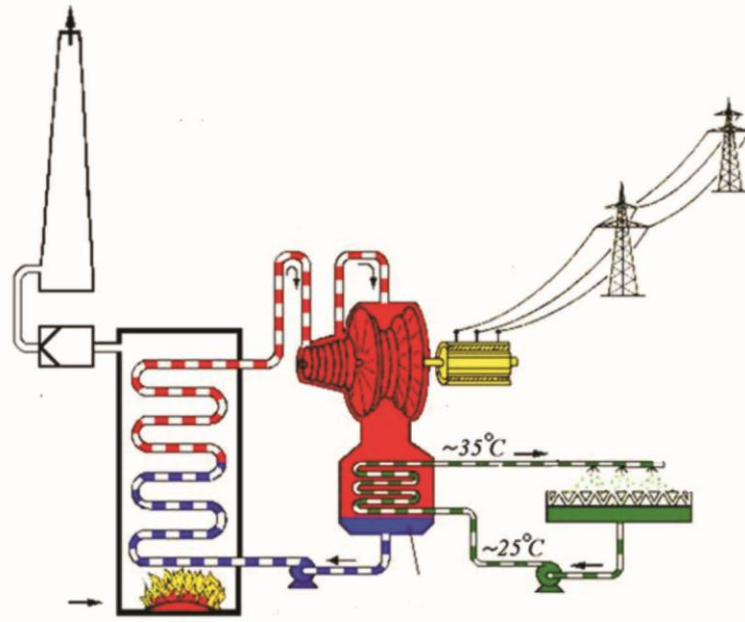
2. “Simens” şirkətinin (ABŞ) hazırladığı kömürdən alınmış sintez qazdan istifadə olunmaqla buxar-qaz tsiklinin yaradılması, qaz turbinindən çıxan yüksək temperaturlu qazın buxar turbinində yanacaq kimi istifadə olunması.

Faydalı iş əmsalını artırmaqla yanacağa qənaət olunur. İES-lərdə yandırılan yanacağın miqdarı onun faydalı iş əmsalından və qurğuların mükəmməlləş-dirilməsindən asılıdır [2]. Hal-hazırda yanacağın sərfini azaltmaq üçün iki üsuldən istifadə edirlər;

- 1) İES-in faydalı iş əmsalını artırmaq;
- 2) qurğuların işini mükəmməlləşdirmək.

Enerji bloklarının faydalı iş əmsalının əsaslı şəkildə artırılması (45-50% və daha çox) buxar gücü ilə işləyən təkmilləşdirilmiş qurğuların hazırlanması hesabına mümkündür. Bu qurğuların hazırlanması, ilk növbədə, buxarın parametrlərinin yüksəldilməsinə, eyni zamanda yeni, istiliyə davamlı poladın hazırlanması və tətbiq edilməsinə, həmçinin əsas və köməkçi avadanlıqlarla əlaqədar müştərək və konstruktiv qərarların qəbuluna, enerji blokunun istilik sxeminin optimallaşdırılmasına, atmosfərə toksiki qazların atılmasını aşağı salan qurğuların və texnologiyaların hazırlanmasına stimül verir. Belə bloklarda netto faydalı iş əmsalı 45%-ə çatır. Hal-hazırda Avropada, Yaponiyada, Cənubi Koreyada, Çində və ABŞ-da onlarla yeni enerji blokları işləyir, istismara hazırlanır və layihələşdirilir.

Yeni qurğuların netto faydalı iş əmsalları 45-46%-ə bərabərdir. Müasir yenidən quraşdırılmış buxar turbinlərinin silindrlərində daxili nisbi faydalı iş əmsalı aşağıdakı kimi ola bilər; yüksək təzyiqli silindri üçün-94%, orta təzyiqli silindri üçün 96%, alçaq təzyiqli silindri üçün 90%. Müasir kritikdən yüksək təzyiqdə işləyən qazanlarda faydalı iş əmsalı 92-94% həddində olur.



Şəkil 2. Buxar turbin qurğulu İES-in şərti sxemi [1].

İstilik elektrik stansiyalarının faydalı iş əmsalını artırmaq üçün ikinci nəsil energetik qurğularda super kritik parametrlərə ( $P=30\text{Mpa}$ ,  $t=600-700^{\circ}\text{S}$ ) keçirlər. Qarşıda duran əsas məsələ isə üçüncü nəsil energetik qurğuların yaradılmasıdır ( $t=1500-1800^{\circ}\text{S}$ ).

Avropa Birliyi “AD-700” layihəsinin bir hissəsini yerinə yetirmişdir. Bu layihə “temperaturu  $700^{\circ}\text{S}$  olan buxar hasil edən tozşəkilli kömürlə işləyən qazanlı, təkmilləşdirilmiş enerji bloku adlanır (AD 700 PF). Onun əsas vəzifəsi 2000-2010-cu illərdə buxarın maksimal temperaturu  $700^{\circ}\text{S}$ -dən çox olan enerji blokunun yaradılması olmuşdur. 2020-ci ildən sonra başlanğıc temperaturun  $800^{\circ}\text{S}$  və stansiyanın faydalı iş əmsalının 55%-ə çatdırılması nəzərdə tutulur. Hal-hazırda Avropa ölkələrində istismarda olan stansiyaların 355-i kömürlə işləyir. Yeni layihənin hesabına, yəni kritikdən yüksək təzyiqli stansiyalarla müqayisədə yeni texnologiya ilə faydalı iş əmsalı 6% yüksəlir [5].

Dünya üzrə elektrik enerjisi istehsalında ilkin yanacaq kimi 40%-ə yaxın kömür, 20% -ə yaxın qaz, 20% alternativ, 16%-dən yuxarı nüvə yanacağı və 7,5% mazutdan istifadə edilir.

Proqnoza görə, 2020-ci ilə kimi elektrik enerjisinin istehsalına ilkin yanacağın sərfi 5779 mln.tondan 8478 mln.ton şərti yanacağı qədər artacaqdır.

Respublikamızda istehsal olunan elektrik enerjisinin 50%-dən çoxunu ödəyən Mingəçevirdə yerləşən “Azərbaycan İES”-in faydalı iş əmsalı təqribən 40%-dir. Bu respublikamızda kritikdən yüksək təzyiqlə işləyən yeganə stasiyadır. İES-in faydalılığının gələcəkdə artırılması başlanğıc parametrlərin artırılması hesabına ola bilər. Bunun üçün isə buxarın yüksək parametrlərində temperatur rejimləri və istilikvermə prosesi öyrənilməlidir [1].

**Nəticə.** İstilik elektrik stansiyasının faydalı iş əmsalı başlanğıc parametrlərdən asılıdır. Buxar turbininə daxil olan işçi cismin təzyiqlə və temperaturunu artırmaq mümkündür. Bunu metalın temperatur rejimlərini öyrənməklə əldə etmək olar.

Məqalədə energetika sistemində istilik elektrik stansiyalarında bir çox digər sənaye sahələrində istifadə olunan istilik mübadilə aparatlarında istilikvermə prosesinə baxılmış və bu prosesin intensivləşdirilməsi üsulları göstərilmişdir

### **ƏDƏBİYYAT**

1. İsmayılov M.B. Energetik qurğularda istilik mübadiləsi // ADNA, Azərbaycan ali texniki məktəblərinin xəbərləri, №2, Bakı: ADNA, 2010.
2. Kəlbəliyev F.İ., Məmmədov C.P., Nəsirov Ş.N. Buxar və qaz turbinli istilik elektrik stansiyaları, I hissə. Bakı, 2005.
3. Azərbaycan DRES-in 300 MVt-lıq enerji blokunun normativ energetik xarakteristikaları və elektrik və istilik enerjisinin buraxılışına yanacaqın hesabi ilkin-normativ xüsusi sərf qrafikləri. Azərenerjisazlama, Bakı, 1988.
4. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, М.: Энергоатомиздат, 1989.
5. Фаворский О.Н., Леонтьев А.И., Феворов В.А., Милман О.О. Расчетно-экспериментальное обоснование создания угольно-водородной электростанции с высокотемпературными (850–1500<sup>0</sup>С) паровыми турбинами, М.: Электрические станции, 2002, № 3.

### **РЕЗЮМЕ**

#### **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООТДАЧИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ**

*Исмаилов М.Б*

**Ключевые слова:** критическое давление, электроэнергия, теплопроводность, коэффициент полезного действия, топливо.

Для повышения эффективности работы тепловых электрических станций необходимо усовершенствование работы приборов и агрегатов, а также увеличение их начальных параметров. Это проблема актуальна на сегодняшний день в современном мире, поэтому в этой области ведутся исследования.

### **SUMMARY**

#### **INTENSIFICATION OF THE HEAT RECOVERY PROCESS IN POWER INSTALLATIONS.**

*Ismayilov M.B.*

**Key words:** critical pressure, electric power, thermal conductivity, efficiency, fuel

To improve the efficiency of thermal power plants, it is necessary to improve the operation of devices and units, as well as increase their initial parameters. This problem is relevant today in the modern world, so this area is being investigated.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	01.02.2018
	Son variant	25.06.2018

UOT 62-97;62-98

## BÖHRAN TƏZYİQİNDƏN YÜKSƏK TƏZYİQLƏRDƏ İSTİLİKVERMƏNİN TİTRƏYİŞLİ REJİMLƏRİ

ABDULLAYEVA SEVİL CAMAL qızı

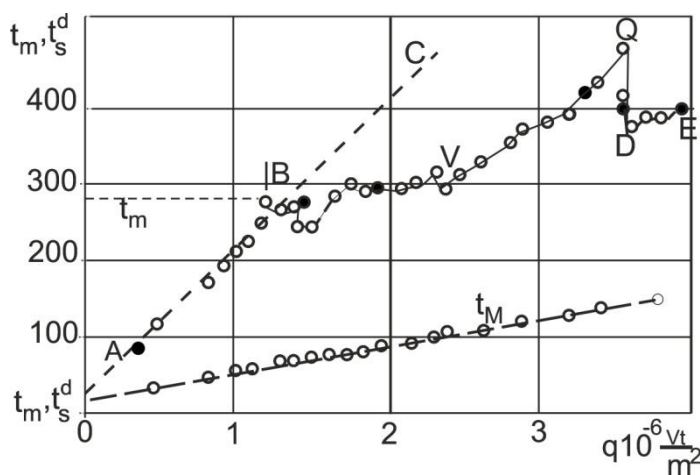
Sumqayıt Dövlət Universiteti

[Abdullayeva.64@mail.ru](mailto:Abdullayeva.64@mail.ru)

*Açar sözlər:* böhran təzyiqindən yüksək təzyiq, istilikvermə, istilik tutumu, divarın temperaturu

Böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə istilik seli sıxlığının artırılması ilə istilikvermənin müxtəlif rejimlərinin yarandığı məlumdur. Mayelərin dəyişən fiziki parametrlərində konvektiv istilikvermə prosesi əlavə səslə effektlərlə - titrəyişlərlə müşahidə olunur.

Tədqiqat qurğusunun [1] işçi sahəsində yaranacaq titrəyişlərini (döyüntülərini) qeydə almaq üçün özüyazan cihazlardan istifadə edilir. Səthin temperaturu mühitin psevdokritik temperaturundan kiçik olan bütün hallarda nə mayenin təzyiqinin, nə də ki boru divarının soyudulan səthinin temperaturunun titrəyişləri baş vermədiyindən ölçmələr  $t_s^d = f(q)$  qrafiki asılılığının AB hissəsi müstəsna olmaqla, yerdə qalan BV, VQ və QDE hissələrinə uyğun gələn istilik seli sıxlıqlarında aparılmışdır (şəkil 1).



Şəkil 1.  $\alpha = f(q)$  qrafiki asılılığı (n-heptan)

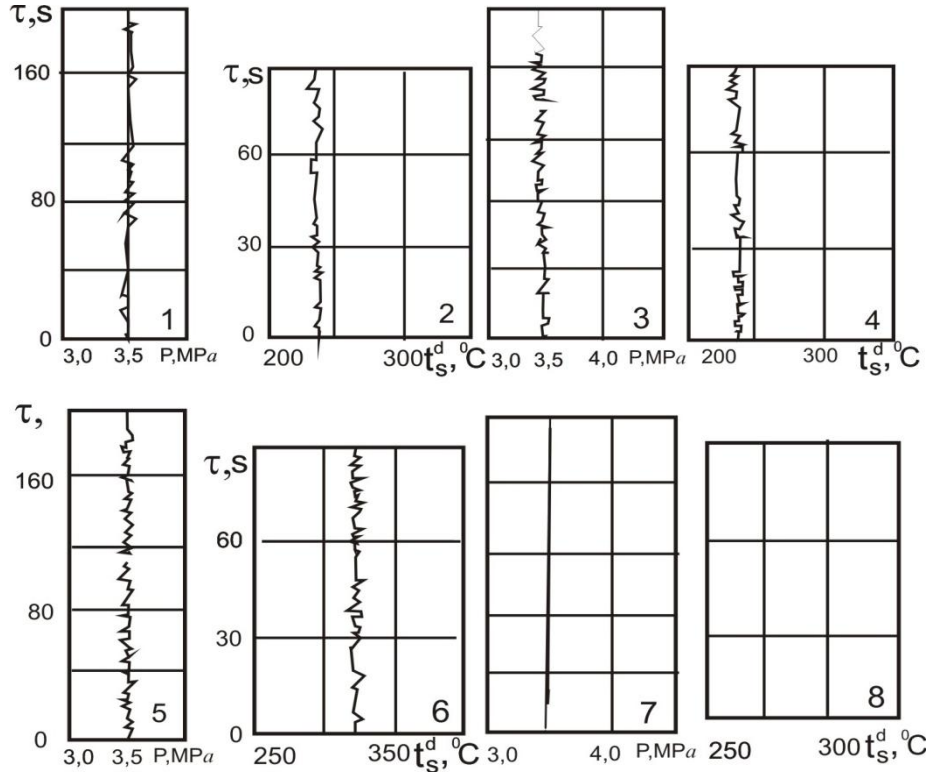
$$1. P=4,0 \text{ MPa}, t_m^s = 18^\circ \text{C}, \rho\omega = 1730 \frac{\text{kq}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}, x=60,5d;$$

$$2. P=4,0 \text{ MPa}, t_m^s = 19^\circ \text{C}, \rho\omega = 2210 \frac{\text{kq}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}, x=60,5d$$

Sınaqlar n-heksanın giriş parametrlərinin  $P=4,0 \text{ MPa}$ ,  $t_m^s = 19^\circ \text{C}$  və  $\rho\omega = 2210 \frac{\text{kq}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$  n-heptanın isə  $P=4,0 \text{ MPa}$ ,  $t_m^s = 18^\circ \text{C}$  və  $\rho\omega = 1730 \frac{\text{kq}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$  qiymətlərində müxtəlif istilik seli sıxlıqlarında aparılmış, nəticələr 2 və 3-cü şəkillərdə təsvir edilmişdir. Hər iki şəkildə 1, 2, 3 və 4 konvektiv istilikvermənin ilkin intensivləşən ( $t_s^d \approx t_m$ ), 5,6 onun nisbətən zəifləşən ( $t_s^d > t_m$ ), 7



və 8 isə istilikvermənin dayanıqlı intensivləşən rejimlərinə aiddir ( $t_s^d \gg t_m$ ). [2] İstilikvermənin ilkin intensivləşən rejimində istilik seli sıxlığının  $q \approx 1,802 \cdot 10^6 \frac{Vt}{m^2}$  qiymətində mayenin təzyiqinin titrəməsinin amplitudu (0,10...0,25) MPa, boru divarının soyudulan səthinin temperaturu (1...3)  $^{\circ}C$ ,  $q \approx 2,246 \cdot 10^6 \frac{Vt}{m^2}$  olduqda isə uyğun olaraq (0,10...0,35) MPa və (2...4)  $^{\circ}C$  olduğu şəkildən aydın görünür (şəkil 2 – 1, 2, 3 və 4).



**Şəkil 2.** Məcburi və sərbəst hərəkətlərin istiqamətləri qarşılıqlı perpendikulyar olan halda  $P$  və  $t_s^d$ -nin amplitudlarının ölçmələrinin nəticələri (n-hekstan)

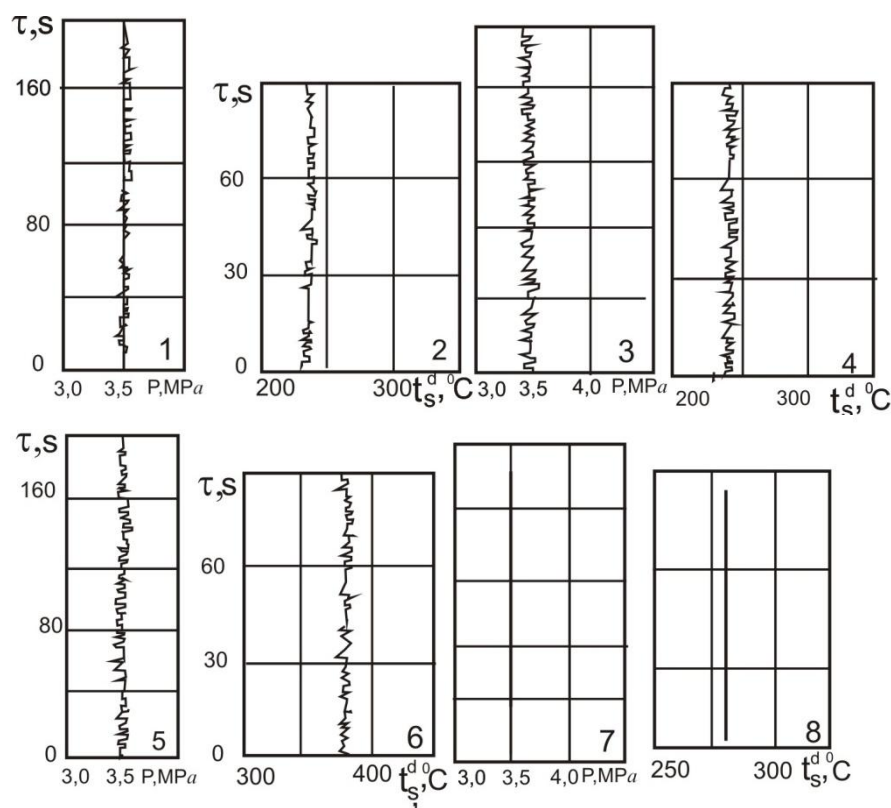
$$\begin{aligned} (t_s^d \approx t_m) 1, 2 - q &\approx 1,802 \cdot 10^6 \frac{Vt}{m^2} & 3, 4 - q &\approx 2,246 \cdot 10^6 \frac{Vt}{m^2} \\ (t_s^d > t_m) 5, 6 - q &= 2,82 \cdot 10^6 \frac{Vt}{m^2} & (t_s^d \gg t_m) 7, 8 - q &= 3,65 \cdot 10^6 \frac{Vt}{m^2} \end{aligned}$$

İstilikvermənin nisbətən zəifləyən rejimində mayenin təzyiqinin titrəyişlərinin amplitudu 0,4 MPa-a, səthin temperaturununki isə (2...5)  $^{\circ}C$ -ə bərabər olur (şəkil 2 – 5, 6  $q \approx 2,794 \cdot 10^6 \frac{Vt}{m^2}$ ). İstilikvermənin dayanıqlı intensivləşən rejimində mayenin təzyiqi və səthin temperaturunun döyüntüləri müşahidə edilməmişdir (şəkil 2 – 7, 8  $q \approx 4,106 \cdot 10^6 \frac{Vt}{m^2}$ ). Bunlara uyğun nəticə n-heptanla da alınmışdır (şəkil 3 – 1, 8).

Beləliklə, üzvi istilikdaşıyıcılar böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə məcburi hərəkətin turbulent rejimində üfüqi borularda hərəkət edərkən  $t_s^d \geq t_m$  şəraitində istilikvermə prosesinin

müxtəlif tona malik əlavə səsli effektlərlə - mayenin təzyiqi və səthin temperaturunun müəyyən amplitudlu titrəyişlərlə müşayiət edildiyi  $t_s^d \gg t_m$  şəraitində isə belə hadisələrin baş vermədiyə və ölçmələr zamanı çətinliklərin ortaya çıxmaması çoxlu sayda təcrübələrin nəticələri ilə təsdiqlənmişdir [1].

İşin müəllifi şaquli boruların temperatur rejimi və istilikvermə prosesini tədqiq edərək belə bir nəticəyə gəlmişdir ki, mayenin təzyiqi və səthin temperaturunun döyüntülərinin amplitudları uyğun olaraq (0,1...0,8) MPa və (5...15)<sup>0</sup>C hədlərində dəyişir. Bu da üfqi borulardakı nəticələrlə müqayisədə təzyiqə görə ~ 2,0, temperatura görə isə ~ 2,5 dəfə çoxdur. Boruların şaquli və üfqi vəziyyətlərində istilikvermənin titrəyişli rejimlərində boruların sıradan çıxaraq qəzaların baş verməsi halları müşahidə edilməsə də, belə istilik avadanlıqlarının etibarlılığının təmin edilməsində üfqi borular üçün alınan nəticənin əhəmiyyəti böyükdür. Belə ki, üfqi borularda mayenin təzyiqi və səthin temperaturunun titrəyişlərinin amplitudlarının təxminən 2 dəfə az olması istilik mübadilə aparatının istismarını xeyli yüngülləşdirir. Odur ki, istilik mübadilə aparat və qurğularının hesabat və layihələndirilməsində bu amilin nəzərə alınması zəruridir.



**Şəkil 3.** Məcburi və sərbəst hərəkətlərin istiqamətləri qarşılıqlı perpendikulyar olduqda

$P$  və  $t_s^d$  -nin amplitudlarının ölçmələrinin nəticələri ( $n$ -heptan)

$$(t_s^d \approx t_m) 1,2 - q \approx 1,031 \cdot 10^6 \frac{Vt}{m^2}; \quad 3,4 - q \approx 1,126 \cdot 10^6 \frac{Vt}{m^2}$$

$$(t_s^d > t_m) 5,6 - q \approx 2,86 \cdot 10^6 \frac{Vt}{m^2}; \quad (t_s^d \gg t_m) 7,8 - q = 3,55 \cdot 10^6 \frac{Vt}{m^2}$$

Qeyd edildiyi kimi, istilikvermənin ilkin intensivləşən və nisbətən zəifləyən rejimlərində mayenin təzyiqində səthin temperaturunun döyüntüləri baş verir. Nümunəvi manometr və potensimetrin köməkliliyi ilə ölçülən kəmiyyətlərin yalnız bir qiymətini qeydə almaq olur.

Təcrübi nəticələr ümumiləşdirilərkən, bir qayda olaraq, mövcud tənliklərə  $(\frac{\rho_s}{\rho_M}), (\frac{Cp_s}{Cp_M})$  və sair

kimi düzəlişlər verirlər. «S» indeksli parametrlər  $t_s^d$  və P-yə görə, mayenin fiziki parametrlərinin temperaturdan asılılıq qrafiklərindən (izobarlardan), «M» indeksli parametrlər isə  $t_m$  və P-yə görə həmin qrafiklərdən seçilir. Odur ki, titrəyişlərlə əlaqədar olaraq, bu məsələnin həlli xeyli çətinləşir. Belə ki, mayenin hesabata lazım olan fiziki parametrlərinin divarın temperaturuna görə seçilməsi  $P_{ölç}$  və  $P$  arasında istənilən izobara aid edilə bilər. Ona görə də gələcəkdə təcrübi nəticələr ümumiləşdirilərkən hesabata eksperiment nəticələri arasındakı kənarçıxmaların müəyyən faizi bununla əlaqədar olacaqdır.

İstilikvermənin  $t_s^d \geq t_m$  şəraitində müşahidə edilən rejimlərinin əlavə səsli effektlərlə - mayenin təzyiqi və həmçinin səthin temperaturunun müxtəlif amplitudada malik titrəyişlərlə müşayiət edilməsi müəyyənləşdirilərək ölçülən kəmiyyətlərin amplitudlarının üfüqi borular üçün 2 dəfə az olduğu müəyyən edildi.

### ƏDƏBİYYAT

1. Eyyubova K.S. Böhranətrafi və böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə mayelərin istilikverməsi. Texnika üzrə fəlsəfə doktoru alimlik dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiya. Azərbaycan ET Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu. Bakı, 2011, 223 s.
2. İsayev H.İ., Eyyubova K.S., Rüstəmov E.B. Mayelərin böhranətrafi təzyiqlərdə şaquli borularda hərəkətində istilik mübadiləsi // Kimya və neftkimya. №1. Bakı, 2006, s 77-82

### РЕЗЮМЕ

#### ПУЛЬСАЦИОННЫЕ РЕЖИМЫ ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЯХ

*Абдуллаева С.Д.*

**Ключевые слова:** критическое давление, теплоотдача, теплоемкость, температура стенки

При сопоставлении результатов измерений амплитудно-частотных характеристик процесса теплоотдачи при различных положениях трубы, выявлено, что при горизонтальном положении амплитуды  $P$  и  $t_c^6$  в 2 раза меньше, что является важным фактором для учета при расчете и проектировании эффективных теплообменных устройств.

### SUMMARY

#### TREMBLING REGIMES OF THE HEAT IRRADIATION IN CRITICAL PRESSURE

*Abdullayeva S.J.*

**Key words:** critical pressure, heat irradiation, capacity of heat, temperature of the wall

It was defined that  $P$  and  $t_s^d$  are accompanied with trembling having different amplitudes, it was noted that the amplitudes of measured quantities were 2 times less than vertical pipes and these factors are important for counting and projecting of heat exchange apparatus.

Daxilolma tarixi: İlk variant 03.11.2017  
Son variant 25.06.2018

UOT 539.3

**YOL ÖRTÜYÜNÜN XARİCİ SƏTHİNİN MONİTORİNQİ****CƏFƏROV NİZAMİ DUMAN oğlu***Azərbaycan Texniki Universiteti, dosent*[nizami\\_cd@mail.ru](mailto:nizami_cd@mail.ru)*Açar sözlər: örtük, məsamə, nöqtələrin yerdəyişməsi, zədələnmə*

**Giriş.** Yol örtüyünün əsas göstəriciləri onun mexaniki xassələrini ifadə edən göstəriciləridir. Mexaniki xassələrindən biri yol örtüyünün xarici səthindəki nöqtələrin yerdəyişməsi ilə müəyyən edilir. Bu kəmiyyət örtüyün möhkəmliyini xarakterizə edir. Buna görə də örtüyün halının monitorinqinin aparılmasına zərurət yaranır. Monitorinqin aparılması üçün, ilk növbədə, örtüyün halını ifadə edən parametrlərdən asılı olan riyazi model qurulmalıdır. Örtüyün halı, əsasən, onun xarici səthindəki nöqtələrin yerdəyişməsinin monitorinqinin nəticələrinə görə müəyyən edilir. Doğrudan da, asfaltın quruluşundan və onun döşənməsi texnologiyasından nəticə olaraq alınır ki, məsamələrin həcmi nə qədər kiçik olarsa, baxılan yerdəyişmə kəmiyyəti də bir o qədər kiçik olar. Bu zaman yerdəyişmə örtüyün materialının fiziki münasibətlərinin formasından asılıdır. Aydındır ki, yerdəyişmə nə qədər kiçik olarsa, örtük də bir o qədər möhkəm olar. Buna görə də yol örtüyünün fiziki halının monitorinqinin aparılması praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

**Məsələnin qoyuluşu.** Yol örtüyünün fiziki halının monitorinqinin aparılması üçün, təcrübədə qəbul olunduğu kimi, yol örtüyündən eninə istiqamətdə ayrılmış prizmaya baxaq. Monitorinqin aparılması üçün ayrılmış prizmanın bir ucu ( $x=L$ ) normal  $Q$  qüvvəsi ilə yüklənməlidir. Prizmanın seçilməsi şərtindən alınır ki, onun özül üzərində olan ( $x=0$ ) o biri ucu yerini dəyişmir. Bu halda qəbul edilir ki, prizmanın özlü sərtidir, yəni  $U=0$ . Burada  $U$  - uzununa yerdəyişmə,  $x$  - uzununa koordinat,  $L$  - örtüyün qalınlığıdır. Monitorinqi aparmaq üçün yüklənmiş ucun yerdəyişməsini müəyyən edək, yəni  $x=L$  olduqda  $U$  - yerdəyişməsini tapaq.

Baxılan bu kəmiyyət iki toplanandan: bərk hissəciklərin, yəni onların deformasiyasından yaranan qarşılıqlı yerdəyişməsindən və məsamələr həcmünün dəyişməsindən ibarətdir. Örtüyün döşənmə keyfiyyəti məsamələrin kiçikhəcmli olması ilə xarakterizə olunur, yəni məsamələrin həcmi nə qədər kiçik olarsa, örtük də bir o qədər keyfiyyətli olar. Məsamələr həcmünün dəyişməsi örtüyün keyfiyyətini xarakterizə etdiyi üçün bu səbəbdən yaranan yerdəyişməni müəyyən edək.

Məsələnin həlli. Prizmanın hərəkət tərzini çubuqlar nəzəriyyəsi çərçivəsində yazaq [1]. Onda gərginlik-deformasiya halı, xüsusən də  $\omega$  eninə koordinatdan asılı olmur. Belə ki, əlaqələndirici maddə reoloji xassələrə malikdir, onda yerdəyişmə zamandan asılıdır. Nəzərə alsaq ki,  $Q$  qüvvəsi müəyyən zaman anlarında tətbiq edilir (monitorinq aparılan zaman  $Q$  qüvvəsi zamanın başlanğıc anında tətbiq edilir), onda keçid prosesini nəzərə almasaq, fərz etmək olar ki, sıxılma prosesi bir anda baş verir. Buna görə prizmada reoloji proseslərə baxılmayacaqdır. Bundan əlavə, fərz edək ki, bərk hissəciklərin deformasiyasını əlaqələndirici materialın deformasiyası ilə müqayisədə nəzərə almamaq olar, yəni bərk hissəciklər mütləq olaraq bərkdir.

Örtüyün deformasiyası nəticəsində ancaq bərk hissəciklər qarışır. Bu isə məsamələr həcmünün dəyişməsinə gətirir. Nə bərk hissəciklər, nə də əlaqələndirici material sıxılmır [3].

Fərz edək ki, örtüyün materialı «tam olaraq» qeyri-xətti xassə büruzə verir, yəni  $\frac{\partial U}{\partial x} = f(\sigma_s)$ . Burada  $f$  - materialın fiziki halını xarakterizə edən qeyri-xətti funksiya,  $\sigma_s$  - prizmadakı həqiqi gərginlikdir.  $f$  - simmetrik olmayan funksiya,  $f(\sigma_s) = f(-\sigma_s)$ . Onda

$$\omega = \omega_0 - f\left(\frac{P}{1-\omega}\right) \quad (1)$$

Ümumi halda  $\omega$  kəmiyyəti təkcə  $f$  funksiyası ilə xarakterizə olunmur.  $\omega$  - kəmiyyətinin  $p$  - dən asılılığı (1) münasibətinə nisbətən mürəkkəb xarakterə malikdir və təcrübələrdən müəyyən edilir. (1) münasibətini ümumiləşdirək. Qəbul edək ki,  $\omega$  parametri səpələnmə dağılması nəzəriyyəsinə zədələnmə parametrinə analojidir [1]. Bu nəzəriyyədə zədələnmə parametrinin müəyyən edilməsi üçün kinematik tənlik diferensial formada götürülür. Zədələnmənin kinematik tənliyinə analoji olaraq (1) tənliyi aşağıdakı kimi ümumiləşdirilir:

$$\frac{d\omega}{dp} = \varphi\left(\frac{P}{1-\omega}\right), \omega = \omega_0, p = 0 \text{ olduqda}, \quad (2)$$

burada  $\varphi$  - qeyri-xəttiliyin hər hansı funksiyasıdır. Bu nəzəriyyə ilə analoji olaraq fiziki münasibəti aşağıdakı şəkildə göstərmək olar:

$$\frac{d\varepsilon}{dp} = \Phi\left(\frac{P}{1-\omega}\right), \varepsilon = 0, p = 0 \text{ olduqda} \quad (3)$$

Qeyd edək ki, qeyri-xətti cəbri tənliyin birinci tərtib adi diferensial tənliklə əvəz edilməsi ilkin tənliyin həllini sadələşdirir.

Məsələnin qoyuluşundan aydındır ki,  $\tau$  yükünün qeyd olunmuş qiymətlərində çökmə ( $S$ ) nə qədər böyükdürsə, o qədər də məsamələr həcmi ( $\omega$ ) böyükdür, yəni örtüyün keyfiyyəti pisdır. Monitorinq zamanı məlum  $Q$  qüvvəsinin təsiri altında yaranan  $U(L)$  çökmə kəmiyyəti ölçülür. Monitorinq  $Q$  -nün qiymətlərini addımla dəyişib,  $U(L)$  kəmiyyətini ölçməklə aparmaq olar. Amma monitorinq aşağıdakı kimi aparmaq məqsədəuyğundur: tətbiq olunan  $Q$  yükünün qiymətini o qiymətə qədər ( $Q_{cr}$ ) artırmaq lazımdır ki, bu qiymətdə çökmə dəyişməsin. Onda  $U_{cr}$  - çökmənin həddi qiyməti və  $Q_{cr}$  - yükün həddi qiyməti ölçülür. Qeyd edək ki, bu həddi qiymətlər böhran qiymətlərinə uyğundur. Örtüyün  $L$  - qalınlığını bilərək alarıq ki,  $S_{cr} = \frac{U_{cr}}{L}$ .

Belə ki,  $S_{cr} = \omega_0$ , onda  $\omega_0 = \frac{1}{L}U_{cr}$ .  $\omega_0$ -ın tapılan qiyməti örtüyün keyfiyyətini xarakterizə edir.

Fiziki münasibəti qeyri-xətti, xüsusi halda üç dərəcəli qəbul edərək (1) tənliyinə baxaq. Onda alarıq:

$$\omega = \omega_0 - A\left(\frac{P}{1-\omega}\right)^3 = \omega_0 - A_0\left(\frac{\tau}{1-\omega}\right)^3; \quad A_0 = AE^3, \quad (4)$$

burada  $A$  - təcrübədən müəyyən edilən kəmiyyətdir. (4) münasibətinin mövcud olması sərhədini müəyyən edək. Belə ki,  $0 \leq \omega \leq \omega_0$ , onda  $\tau < \tau_{cr}$ , burada  $\tau_{cr} = \left(\frac{\omega_0}{A_0}\right)^{\frac{1}{3}}$ ,  $\tau_{cr}$  - həddi yüküdür.

Böhran halı kimi məsamələrin qapanmasının baş verdiyi halı götürək. Bu halda çökmə dəyişmir. (4) tənliyini aşağıdakı şəkildə çevirək:

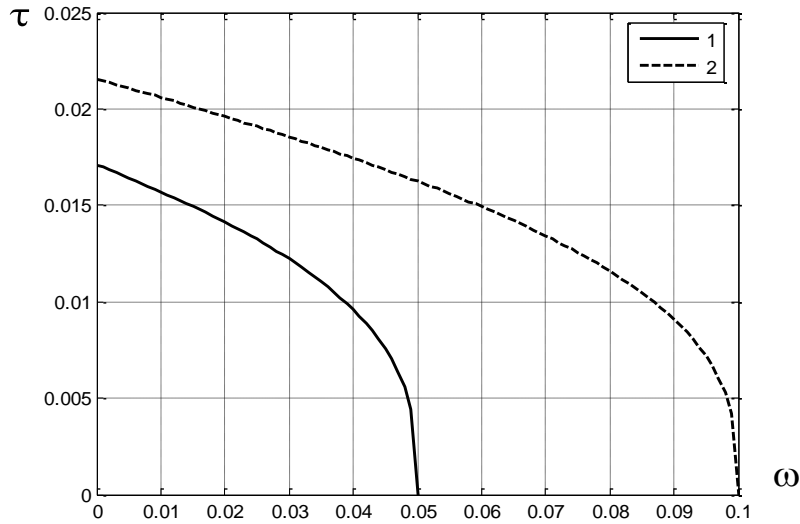
$$\tau = \left[ (\omega_0 - \omega) \frac{1}{A_0} (1 - \omega)^3 \right]^{\frac{1}{3}} = (1 - \omega) \left( \frac{\omega_0 - \omega}{A_0} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$\tau = \tau(\omega)$  - funksiyasının stasionar qiymətlərini müəyyən edək. Stasionarlıq şərtindən alarıq:

$$\frac{d\tau}{d\omega} = A_0^{-\frac{1}{3}} \left[ -(\omega_0 - \omega)^{\frac{1}{3}} - (1 - \omega) \frac{1}{3} (\omega_0 - \omega)^{-\frac{2}{3}} \right] =$$

$$-A_0^{-\frac{1}{3}} \cdot (\omega_0 - \omega)^{-\frac{2}{3}} \cdot \left( \omega_0 + \frac{1}{3} - \frac{4}{3} \omega \right) = 0; \quad \omega_c = \frac{1}{4} (3\omega_0 + 1).$$

Belə ki,  $\omega_c > \omega_0$ , onda  $\tau$  stasionar nöqtəsinə baxılmır. Şəkl.1- də parametrlərin  $\omega_0 = 0.05$ ,  $\omega_0 = 0.1$  qiymətlərində  $\tau$ -nun  $\omega$ -dan asılılığı verilmişdir.



**Şəkl.1.**  $\tau$  - nun  $\omega$  - dan asılılığı (üç dərəcəli münasibət)  
1 -  $\omega_0 = 0.05$ ; 2 -  $\omega_0 = 0.1$

Qeyd edək ki, qrafikin qurulmuş budaqları birqiymətlidir. Qrafikdən nəticə olaraq çıxır ki,  $\omega$  -nın qeyd olunmuş qiymətlərində başlanğıc məsələlər həcmnin artırılması ilə tətbiq olunan yükün qiyməti artır.  $\omega$  -nın qiymətinin artırılması ilə  $\tau$  - nun dəyişməsi artır.

Yüklənmiş ucun yerdəyişməsi aşağıdakı tənlikdən müəyyən edilir:

$$\frac{\partial U}{\partial x} = -A_0 \left( \frac{\tau}{1 - \omega} \right)^3$$

$x - \vartheta$  görə inteqralladıqdan sonra  $x=0$  olduqda  $\nu=0$  olması şərti nəzərə alınmaqla alarıq:

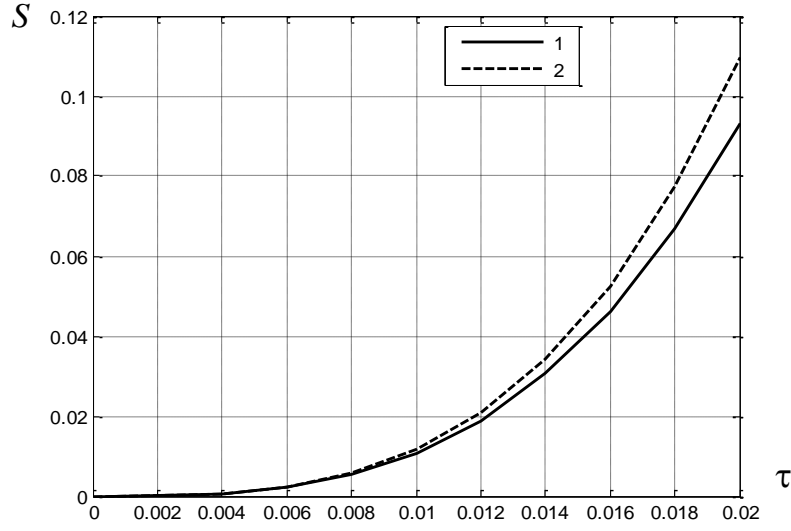
$$U = -A_0 \left( \frac{\tau}{1 - \omega} \right)^3 x.$$

Son olaraq çökmə üçün alarıq ki,

$$S = A_0 \left( \frac{\tau}{1 - \omega} \right)^3 = \omega_0 - \omega(\tau); \quad \omega(\tau) = \omega_0 - A_0 \left( \frac{\tau}{1 - \omega} \right)^3 \quad (5)$$

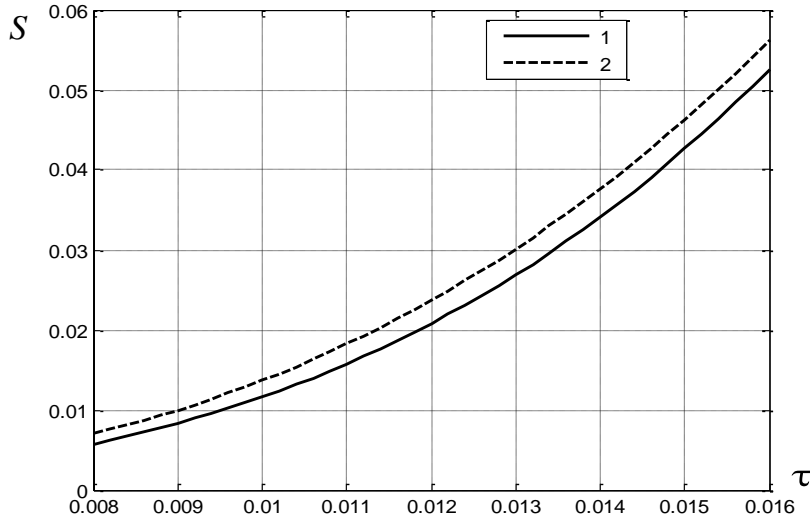
Çökmənin həddi qiyməti  $\omega_0$  -a bərabərdir, yəni  $0 \leq S \leq S_{cr}$ ;  $S_{cr} = \omega_0$ .

Buradan alırıq ki, çökmənin həddi qiyməti fiziki münasibətlərin şəklindən, yəni əgər  $f(0) = 0$  isə  $f$  - funksiyasından asılı deyildir.  $S$  -in  $\tau$  - dan asılılığı şək. 2-də verilmişdir.



**Şək.2.**  $S$  - in  $\tau$  - dan asılılığı (üç dərəcəli münasibət)  
1 -  $\omega_0 = 0.05$ ; 2 -  $\omega_0 = 0.1$

Mühəndis hesablatları üçün verilmiş asılılığı sadələşdirək. (5) münasibətini sadələşdirək. Bu münasibəti  $\tau$  -ya görə xəttləşdirmək olmaz, ona görə ki,  $\tau$  tənliyə  $\tau^3$  şəklində daxildir. Nəzərə alsaq ki,  $S \ll 1$ , onda onu  $S$  -ə görə xəttləşdirək. Belə ki,  $\omega = \omega_0 - S$ , onda  $A_0\tau^3 = (\omega_0 - \omega)(1 - \omega)^3 = (\omega_0 - \omega + S)(1 - \omega_0 + S)^3 = S(1 - \omega_0 + S)^3 \approx S(1 - \omega_0)^3$ .



**Şək.3.** Qeyri-xətti tənliyin xəttləşdirilmiş tənliklə müqayisəsi.  
1- qeyri-xətti asılılıq; 2 - xəttləşdirilmiş asılılıq

Buradan çıxır ki,

$$S = A_0 \left( \frac{\tau}{1 - \omega} \right)^3 ; \quad \tau = (1 - \omega_0) \sqrt[3]{\frac{S}{A_0}} \quad (6)$$

Sadələşdirilmiş asılılığı ümumi asılılıqla müqayisə edək. Şək.3-də  $\omega_0 = 0.05$  olduqda qeyri-xətti tənliklə xəttləşdirilmiş tənliyin müqayisəsi verilmişdir.

Qrafiklərin müqayisəsindən nəticə olaraq çıxır ki, yükün elə diapazonu var ki, bu diapazonda müəyyən dəqiqliklə qeyri-xətti tənliyin həlli sadələşdirilmiş tənliyin həlli ilə üst-üstə düşür. Bu zaman  $\omega$  - nın başlanğıc qiymətinin artırılması ilə həmin diapazon artır.

**Nəticə.** Məqalədə örtüyün həddi halının parametrlərinə görə monitorinqin keçirilməsi təklif olunmuşdur. Həddi hal dedikdə o hal başa düşülür ki, bu zaman məsamələrin qapanması baş verir. İşdə bu halın parametrləri kimi çökmənin və tətbiq olunan qüvvənin həddi qiymətləri qəbul olunmuşdur. Bu qiymətlər materialın quruluşu haqqında bəzi fərziyələri qəbul edərək və üç dərəcəli asılılıq qəbul edilərək zədələnmələr nəzəriyyəsi çərçivəsində müəyyən edilmişdir. Məqalədə çökmənin tətbiq edilən qüvvədən asılılığı qurulmuşdur. Qeyri-xətti tənliyin xəttləşdirilmiş tənliklə müqayisəsi aparılmışdır.

### ƏDƏBİYYAT

1. Работнов Х.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1979, 744 с.
2. Деформативная способность асфальтовых покрытий и оснований. ВИНТИ, 1975, 38, с.1-29.
3. Глушко И.М. и др. Дорожно-строительные материалы, М.: Транспорт, 1983, 383 с.
4. Шестаков В.Н., Шестаков И.В., Шинкаренко М.Н. Мониторинг состояния цементобетонного покрытия ИВПИ агродрома Омск-Федоровка. Дорожно-транспортный комплекс как основа рационального природопользования / Материалы Международной научно-технической конференции, Омск, 23-25 нояб., 2004. Кн. 1. Омск: СибАДИ, 2005, с.168-170.

### РЕЗЮМЕ

#### МОНИТОРИНГ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

*Джафаров Н.Д.*

**Ключевые слова:** покрытие, поры, перемещение точек, повреждаемость

В данной статье рассматриваются перемещения точек покрытия с учетом нелинейности на жестком основании. Основываясь на структуру покрытия, предполагается, что в материале существуют поры. Эти поры описываются в рамках теории повреждаемости. Из условия закрытия пор при сжатии покрытия найдены предельные значения нагрузки и перемещения, позволяющие анализировать результаты мониторинга.

### SUMMARY

#### MONITORING OF THE ROAD SURFACE

*Jafarov N.D.*

**Key words:** cover, porosity, displacement of the points, damaged.

This article describes the displacement of covering points in the light of the nonlinearity on the hard ground. Based on the structure of the coating, it is assumed that there are pores in the material. These pores are described within the framework of the damage theory. From the condition of having pores closed under the compression of the pavement the limit values of load and displacement are found that enable analysis of the monitoring results.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	02.05.2018
	Son variant	25.06.2018



---

**MÜNDƏRİCAT    СОДЕРЖАНИЕ    CONTENTS**

***Fizika və riyaziyyat***

1. *Zərbəliyev M.M., İsmailov M.F., Vəliyeva B.A.* Термоэлементы на основе твердых растворов  $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$  4
2. *Ağayarov M.H.* Bir irrasional tənliyin müxtəlif üsullarla həlli 10
3. *Sayılov N.S.* İstilik selinin təsirindən lövhənin kövrək dağılmasının tədqiqi 13

***Kimya***

4. *Ağayev Ə.Ə., Mustafayeva N.A., Qarayeva İ.E., Muradov M.M.* Misferrit katalizatorunun iştiraki ilə 2-metilanolin etanolla alkiləşməsinin tədqiqi 17
5. *Rzaeva H.Ş., Abbasov B.M., Axmedov F.İ.* Исследование физико-химических свойств ингибирующих составов 21
6. *Dünyamalyev Ə.D., Əliyeva A.Q., Mustafayev M.M.* Heksaalkildistannoksanların perhalogenendikonatlarla reaksiyalarının araşdırılması 26
7. *Şaxgəldiyev F.X., Adilova L.İ., Saфарова Г.М., Адыгезалова Х.А.* Исследование влияние температуры и времени сушки на содержание фракции при активации целлюлозы 30
8. *Гатамов M.M., Абдуллаева M.B., Османова Д.Г.* Синтез алкансульфонатов электрохимическим методом 34
9. *Süleymanov T.İ., Mustafazadə N.X.* Bakı şəhərinin atmosfer çirklənməsinin modelləşdirilməsi 37
10. *Ağayeva Z.T., Hüseyinov R.Ə.* Bioloji sınaq təcrübəsi zamanı qaz balalarının *qanquleterakis* yumurtaları ilə yoluxdurma xüsusiyyətinin öyrənilməsi 42

***Texnika***

11. *Mənsurov Q.M., Quliyeva L.İ.* Konservativ məntiq üzrə maqnit tələsi və spin ventilləri modellərinin tədqiqi 45
12. *Əhmədova S.M.* İstehsal sistemlərinin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi 51
13. *Nağıyev Ə.H.* Kimya mühəndisliyində qeyri-xətti dinamika özünəməxsus rəngarəngliyi ilə 56
14. *Гулиева Н.А.* Математическое моделирование для управления тепловыми режимами реакционно-регенерационной системы, осуществляющей дегидрирование изобутана 66
15. *Рустамов Я.И., Гурбанов М.Ш.* Исследование процесса получения гранулированного суперфосфата, содержащего в составе микроэлемент ванадий и использование его в сельском хозяйстве 71
16. *Səttarov V.Q., Əhmədova T.Ə., Dadaşova R.B., Quliyeva A.İ.* Kiçik xətti yerdəyişmələr vericisinin nəzəri tədqiqi 75
17. *Axmedov D.A., Axmedov A.D., İslamov İ.З.* Разработка минимальных тестов диагностирования неисправностей асинхронных двигателей 80
18. *İsmayılov M.B.* Energetik qurğularda istilikvermə prosesinin intensivləşdirilməsi 86
19. *Abdullayeva S.C.* Böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə istilikvermənin titrəyişli rejimləri 91
20. *Cəfərov N.D.* Yol örtüyünün xarici səthinin monitorinqi 95

---

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

Çapa imzalanmışdır: 25.06.2018-ci il  
Mətbəə kağızı, kağızın formatı: 70\*108 ¼  
Yüksək çap üsulu. Həcmi: 23,18 ş.ç.v.  
Sifariş . Tiraj 250 nüsxə.  
Qiyməti müqavilə yolu ilə.

---

Sumqayıt Dövlət Universiteti  
Redaksiya və nəşr işləri şöbəsi

**Müxbir ünvan:**

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

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