

UOT 621 315.592

**YENİ ZONA ƏRİTMƏ ÜSULU İLƏ $Ge_{1-x}Si_x$ BƏRK MƏHLUL
KRİSTALININ ALINMASI VƏ TERMÖELEKTRİK XASSƏLƏRİN TƏDQIQI****HƏŞİMOVA AYNUR İXTİYAR qızı***Sumqayıt Dövlət Universiteti, assistent***¹NURULLAYEV YUSİF QUŞU oğlu****²QARAYEV ELDAR SƏMƏD oğlu***Bakı Dövlət Universiteti: 1-professor, 2-dosent**e-mail: eldarsq56@mail.ru*

Açar sözlər: binar bərk məhlul, xəlitə, zona əritmə, tənzimləyici həlqə, kristallaşma, elektrik keçiriciliyi, termoelektrik hərəkət qüvvəsi, Ge-Si monokristalı.

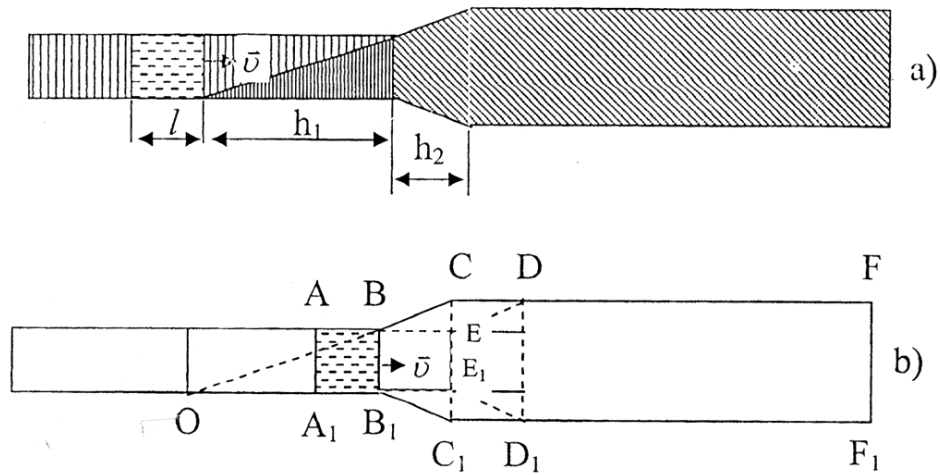
İşdə tənzimləyici həlqə təbiqi ilə yeni zona əritmə üsulundan istifadə etməklə tərkibində silisium komponentinin konsentrasiyası sıfırdan 15 %-ə qədər dəyişən bircins GeSi binar bərk məhlul kristalı yetişdirilmişdir. Kristalın bircinsliyi və monokristallığı rentgenoqrafik, metalloqrafik üsullarla və kristalın müxtəlif hissələrindən kəsilmiş nümunələrin elektrofiziki xassələrini tədqiq etməklə müəyyən olunmuşdur. Alınan kristalların termoelektrik xassələri (elektrik keçiricilik və termoelektirik hərəkət qüvvəsi) 100 ÷ 700 K temperatur intervalında öyrənilmişdir.

Giriş. Son dövrdə yarımkeçiricilər fizikası sahəsində əldə olunan mühüm nailiyyətlər onların qeyri-adi fiziki xassələrə malik olması ilə bağlıdır. Bu sahədə klassik yarımkeçiricilər sayılan germanium və silisium elementləri əsas rol oynayır. Germanium və silisium elementləri öz aralarında geniş konsentrasiya intervalını əhatə edən binar bərk məhlul sistemi əmələ gətirir. Ge-Si kristalının ifrat təmiz şəkildə alınması, yüksək mükəmməliyə malik monokristallarının yetişdirilməsi və tərkibin məqsədyönlü şəkildə müxtəlif səviyyələrdə çeşidli aşqarlarla aşqarlanması bu kristalların müasir bərk cisimlər elektronikasında tətbiq perspektivliyini artırır. Yarımkeçirici maddələrin qeyri-adi fiziki xassələrə malik olması və onlara qarşı yaranmış maraq sonralar külli miqdarda yeni ikiqat, üçqat və daha mürəkkəb tərkibli yarımkeçirici maddələrin sintezinə səbəb olmuşdur. Hazırda elm və texnikanın müxtəlif sahələrində geniş miqyasda tətbiq olunan çevrici və idarəedici cihazların böyük əksəriyyəti Si və Ge yarımkeçiriciləri və onların binar məhlulları GeSi əsasında hazırlanır. Germanium və silisium elementləri öz aralarında geniş intervalı əhatə edən binar bərk məhlul sistemi yaradır. Bu bərk məhlullar sistemi təmiz komponentlərin bütün müsbət xassələrini özündə saxlayır və bu xassələr kristalın tərkibinin dəyişməsi ilə müntəzəm olaraq dəyişir. Ona görə də bu bərk məhlullardan istifadə etməklə onlar əsasında hazırlanan cihazların parametrlərinin qiymətlər intervalını və onların tətbiq sahələrini genişləndirmək mümkündür. Bu baxımdan texnikanın müxtəlif sahələrində geniş tətbiq olunan çevrici cihazların böyük əksəriyyəti Si və Ge yarımkeçiriciləri əsasında alınan binar məhlul kristallarından hazırlanır [1,2].

Tədqiqatın məqsədi. $Ge_{1-x}Si_x$ bərk məhlul kristallarının geniş tətbiqi, bir tərəfdən həmin materialların bircins monokristallarının alınması, onların aşqarlanma üsullarının mükəmməl şəkildə işlənməsi, digər tərəfdən isə, hazırlanmış cihazların fiziki, kimyəvi və mexaniki xassələrinin yüksək keyfiyyətə malik olmaları ilə bağlıdır [3].

Praktik əhəmiyyətli təmiz $Ge_{1-x}Si_x$ kristalının alınmasında müəyyən çətinlik meydana çıxır. Bütün bərk məhlullarda olduğu kimi, $Ge_{1-x}Si_x$ bərk məhlulları da kristallaşma zamanı

güclü seqreqasiyaya malikdir. Bu səbəbdən də ənənəvi üsullarla bərk məhlulların monokristalların alınmasında müəyən çətinliklər yaranır. [4] işində V.Tahirovun kristalların yetişdirilməsində verdiyi yeni metodla yüksək keyfiyyətli binar bərk məhlulların silindrik həndəsi quruluşa və tələb olunan tərkib paylanmasına malik qidalandırıcı xəlitələrin alınmasının yeni üsulunun tətbiqi ilə $Ge_{1-x}Si_x$ bərk məhlullarının istənilən tərkibli monokristallarını almaq olar. Bu isə bərk cisimlər elektronikasında cihazların çeşidlərini artırmağa imkan verir. Kristallaşma zamanı güclü seqreqasiyaya malik olan binar bərk məhlulların təkmil monokristallarını yetişdirməyə imkan verən yeni üsulda qidalandırıcı xəlitə hazırlamaq üçün əvvəlcə silindirik ampulada vakuüm şəraitində tələb olunan tərkibli bircins binar maye məhlulu alınır və sonra o, istiqamətlənmiş kristallaşmaya uğradılır. Növbəti mərhələdə xəlitə iki varinatda: sonu başlanğıc kimi götürülməklə və başlanğıcı başlanğıc kimi götürülməklə zona əritmə üsulu ilə xəlitə yenidən kristallaşmaya məruz edilir. Tərkibin xəlitə boyunca paylanma qanunu kəsilməzlik tənliyinin həllindən tapılır. Bu cür alınmış xəlitənin həcm və səthində mikroçatlar olmur. Bu halda istifadə olunan metodda xəlitə boyunca tərkibin keçidli paylanmasını əldə etmək mümkündür (şəkil 1).



Şəkil 1. Xəlitənin ərimə zonasında komponentlərin paylanması

Məsələnin həlli üsulları. Yeni üsulla hazırlanmış xəlitə qidalandırıcı kimi işlədilməklə, paylanma əmsalının qiymətindən asılı olaraq, dörd müxtəlif variantda binar bərk məhlulların təkmil monokristallarının putadakı ərintidən dartmaq yolu ilə alınmasında istifadə edilir. Hər bir variantda yetişdirilmiş monokristal boyunca tərkibin paylanması iki mərhələdə kəsilməzlik tənliyinin təcrübə şəraitinə uyğun başlanğıc və sərhəd şərtləri daxilində həllinə görə tapılır. Binar bərk məhlul kristalının yetişdirilməsində elə etmək lazımdır ki, ikinci komponentin konsentrasiyası proses zamanı başlanğıcında sıfırdan başlayaraq tələb olunan sabit qiymətə qədər (15 % -ə qədər) tədricən artırılсын. Bu məqsədlə dördbucaqlı düz prizma şəklində götürülmüş sabit tərkibli əsas xəlitənin bir ucu paz şəklinə salınır (şəkil 1). Paza oxşar formada düzəldilmiş özək monokristalın ölçüləri elə seçilir ki, onların paz hissələrini əks istiqamətdə üst-üstə qoyduqda tam prizma yaransın. Bu cür həndəsi quruluş lazımı monokristal alınmasına imkan yaradır. Amma yetişdirilən monokristalın müəyyən hissəsi dəyişən tərkibə malik olduğu üçün istifadəsiz qalır. Böyük ölçülü kristallar yetişdirildikdə bu itkinin miqdarı daha çox olur. Prizma şəkilli xəlitəni almaq üçün xüsusi qəliblər düzəltmək lazım gəlir. Xəlitənin həndəsi quruluşunu başqa cür – “paz-kəşik konus-silindr” ardıcılığı ilə seçməklə, [4] işində göstərilən çatışmazlıqlar qismən aradan qalxır. Lakin bu zaman monokristal yetişdirdikdən sonra onun kəşik konus hissəsində tərkib qeyri-müntəzəm dəyişir.

Əgər xəlitənin paz hissəsini xəyalən prizmanın oxuna perpendikulyar nazik təbəqələrə bölsək, bu halda ikinci komponentin maddəsini uyğun təbəqə üzrə müntəzəm paylanmış qəbul edib, kəsilməzlik tənliyinə görə prizma boyunca silisium komponentinin (C_p konsentrasiyasının) paylanma qanununu aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

$$C_p(t) = C_0 \frac{t}{t_1} \quad (1)$$

Burada C_0 -xəlitənin paz hissəsində müntəzəm paylanmış ikinci komponentin ilkin konsentrasiyası, $t_1 = h_1/v$, h_1 -pazın uzunluğu, v -ərimiş zonanın xəlitə boyunca hərəkət sürətidir. Ərimə zonasının ön cəbhəsi xəlitədəki kəsik konusun kiçik oturacağına çatanadək yetişdirilmiş kristal boyunca ikinci komponentin paylanması, [5] işində göstəriləndiyi kimi, aşağıdakı düsturla ifadə oluna bilər:

$$C_k = C_0 \left\{ t - \frac{l}{kv} \left[1 - \exp\left(-\frac{kv}{l}t\right) \right] \right\}, \quad 0 \leq t \leq \frac{h_1 - l}{v}. \quad (2)$$

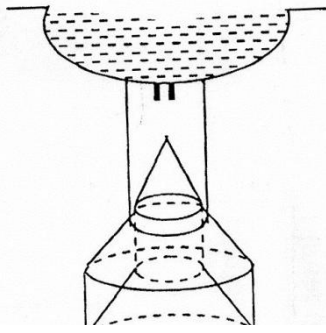
Bu halda ərimiş zonada ikinci komponentin konsentrasiyası aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$C_z = \frac{C_0}{k} \left\{ \frac{h_1 - l}{v} - \frac{l}{kv} \left[1 - \exp\left(-\frac{k(h_1 - l)}{l}t\right) \right] \right\}. \quad (3)$$

Kristalın yetişdirilmə prosesində elə şərait yaradılır ki, “kəsik konus-silindr” boyunca ikinci komponentin konsentrasiyası (2) ifadəsi ilə təyin olunan sabit bir qiymətə bərabər olsun. Bunun üçün əsas lazımı şərt ərimiş zonada ikinci komponentin konsentrasiyasının dəyişməz saxlanmasıdır. Fərz edək ki, müəyyən dt müddətində kristallaşma cəbhəsində (sol tərəfdə) prizmanın $dx = vdt$ qalınlığında təbəqə kristallaşmışdır. Bu zaman ərintidə ikinci komponentin müəyyən miqdarda maddəsi kristallaşmış hissəyə daxil olmuşdur. Ərintidə onun konsentrasiyasının sabit qalması üçün bu zaman sağ tərəfdən dx qalınlıqlı təbəqədən ikinci komponentin həmin miqdar maddəsi ərintiyə daxil olmalıdır. Bu hissədə konsentrasiya və ərimiş hissənin həcmi həmin müddətdə kristallaşmış hissəninə bərabər olarsa, onda ərintidə tərkib sabit qalacaqdır. Onda xəlitənin konsentrasiyasını bu qiymətə bərabər götürmək olar, lakin sağ tərəfdə ərimiş hissəsinin həcmi sol tərəfdən kristallaşan həcmdən böyük olar. Ona görə də belə şəraitdə ikinci maddənin konsentrasiyası sabit qala bilməz və nəticədə konsentrasiya getdikcə artar. Ancaq elə etmək olar ki, BB_1E_1E düzbucaqlı prizma şəkilli həcmdə ikinci komponentin konsentrasiyası kristalın AA_1 kəsiyindəki konsentrasiyaya, BB_1E_1E prizmanı əhatə edən BEC və $B_1E_1C_1$ kəsik konus həcmində ikinci komponentin konsentrasiyası isə onun ərintidəki konsentrasiyasına bərabər olsun. Onda ərimiş zonada tərkib dəyişməz qalacaq. Nəticədə ərimiş zonanın ön cəbhəsi CC_1 kəsiyinə çatanadək sabit qalacaq. Bundan sonra prosesdə bir qədər dəyişiklik yaranacaq. Artıq BB_1 kəsiyindən başlayaraq kristallaşan hissənin təbəqələri kiçik hündürlüklü kəsik konuslar şəklində olacaq. $BE=CD=h_2$ (və $h_2=1$) götürsək, aydın olar ki, BB_1C_1C kəsik konusu EE_1D_1D kəsik konusuna bərabərdir, yəni EE_1D_1D konusunda ikinci komponentin konsentrasiyası AA_1 kəsiyindəki konsentrasiyaya bərabər olarsa, onda BB_1C_1C həcmi EE_1D_1D həcminə bərabər olduğu üçün CED və $C_1E_1D_1$ həcmindəki konsentrasiya ərintidəki konsentrasiyaya bərabər götürülməlidir. Bu halda yetişdirilən kristalda ikinci komponentin konsentrasiyası dəyişməz qalar.

Kristalın yetişdirilmə prosesi zamanı ərintidə tərkibin sabit qalması öz-özünə təmin olunur. Çünki artıq həm vahid zamanda sol tərəfdən kristallaşan və sağ tərəfdən əriyib zonaya qarışan həcmələr, həm də ikinci komponentin uyğun həcmərdə konsentrasiyası eyni olur. Beləliklə, BED və $D_1E_1B_1$ həcmində ikinci komponentin konsentrasiyası AA_1 kəsiyindəki konsentrasiyaya, $BEDC$ və $C_1D_1E_1B_1$ həcmindəki konsentrasiya isə (3) ifadəsi ilə təyin olunan konsentrasiyaya bərabər olarsa, onda “kəsik konus-silindr” həcmi boyunca sabit tərkibli bərk məhlul monokristalları yetişdirmək olar. Sabit tərkibli böyük həcmli binar bərk məhlulların monokristallarını zona əritmə üsulu ilə alıqda hazırlanan xəlitə üç hissədən ibarət olur:

daxilində ikinci komponentin konsentrasiyası ixtiyari C_0 qiymətinə bərabər olan pazşəkilli hissə və “kiçik radiuslu silindr-kəşik konus. Monokristal yetişdirilərkən həlqəşəkilli hissədə ikinci komponentin konsentrasiyası onun zonanın daxilində (3) ifadəsi ilə təyin olunan qiymətinə bərabər götürülür. Üçüncü hissə də ikinci hissənin “kiçik silindr-kəşik konus” hissəsinin üzərinə geydirilir. Xəlitənin ayrı-ayrı hissələri şəkil 1b-də göstəriləndi kimi ardıcıl düzülür. “Dördbucaqlı prizma-paz” şəklində olan monokristal özək, şəkil 1-də göstəriləndi kimi, xəlitənin paz hissəsinin üzərinə elə qoyulur ki, onlar birlikdə düzbucaqlı düz prizma yaratsın. Xəlitənin həlqə hissəsinin

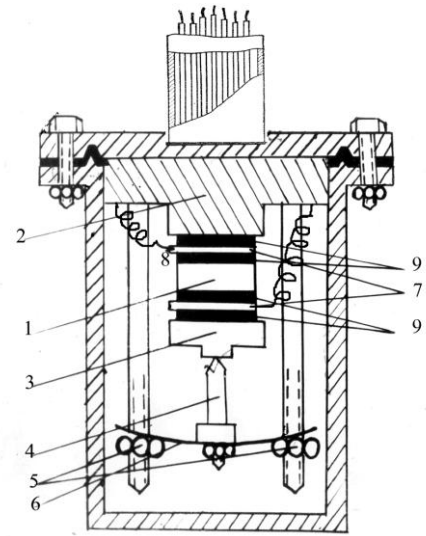


Şəkil 2. Xəlitənin həlqə hissəsinin birləşdirilmə qaydası

düzəldilməsi aşağıdakı qaydada həyata keçirilir: Əvvəlcə kvars şüşədən tələb olunan ölçülərə malik qəlib hazırlanır. Onun kiçik silindr ucu qaynaq edilərək təpə bucağı iti bucaq olan konus şəklində bağlanır (şəkil 2). Qəlib kvars borunun köməkliyi ilə, şəkil 2-də göstəriləndi kimi, dibində 1-2mm diametrlə deşiyi olan kvars putanın dibinə hermetik birləşdirilir. Kristalın yetişdirilmə prosesində elə vəziyyət yaradılır ki, boru qəlib ilə birləşdiyi yerdə borunun bütün çevrəsi boyunca qəlibin daxili ilə əlaqələnmiş olsun. Tələb olunan tərkibə və həcmə uyğun olan germanium və silisium maddələri putaya yerləşdirilir. İşçi həcmdə yüksək vakuum (10^{-4} - 10^{-5} mm Hg) alındıqdan sonra elektrik sobasının köməkliyi ilə tigeldəki maddə əridilir. Təqribən 940°C temperaturunda silisium kristalları ərimiş germanium mayesində qısa müddətdə həll olunur. Səthi gərilmə qüvvələri ərimiş kütlənin özbaşına axıb qəlibə tökülməsinin qarşısını alır. Ərintinin bircinsliyi əldə edildikdən sonra işçi həcmə $0,5 \div 0,8 \text{ atm}$ təzyiqində təmizlənmiş təsirsiz qaz (helium) buraxılır. Qazın təzyiqi altında putadakı ərinti onun dibindəki kiçik deşikdən güclü şırnaq şəklində qəlibə dolur. Mayenin həddindən tez donub qəlibə gedən yollarının bağlamaması üçün ərinti 800°S -ə qədər qızdırılır. Qəlibə dolan maye kütləsi kifayət qədər böyük sürətlə bərkirir. Bu da alınan xəlitənin tərkibinin inteqral paylanmasının bircinsliyini təmin edir.

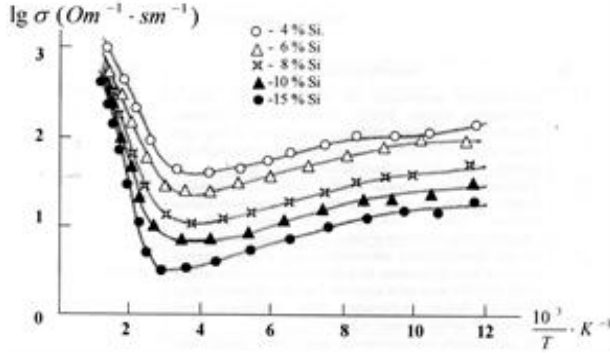
Alınan nəticələrin tətbiqi. Tədqiqat zamanı göstərilən üsulla tərkibində ikinci komponentin konsentrasiyası sıfırdan başlayaraq xəlitənin pazşəkilli hissəsindəki konsentrasiyaya bərabər olan qiymətə kimi dəyişən GeSi binar bərk məhlul monokristalı yetişdirilərək, alınan kristalın monokristallığı və bircinsliyi rentgenoqrafik, metalloqrafik üsullarla və kristalın müxtəlif hissələrindən kəsilmiş nümunələrin elektrofiziki xassələrini tədqiq etməklə müəyyən olunmuşdur. İşdə müxtəlif konsentrasiyalı (x ; 5; 6; 8; 10; 15 at.% Si tərkibli) $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ bərk məhlul monokristalları alınmış və onların termoelektrik xassələri (elektrik keçiriciliyi və termoelektrik hərəkət qüvvəsi) $100 \div 700 \text{ K}$ temperatur intervalında öyrənilmişdir. Şəkil 3-də ölçmələr aparmaq üçün istifadə olunan ölçü qurğusunun prinsipial quruluşu göstərilib. Elektrik keçiriciliyi və termoelektrik hərəkət qüvvəsi eyni prosesdə kompensasiya üsulu ilə ölçülmüşdür. Tədqiq olunan nümunələr üçün qadağan olunmuş zonanın eni

$$\lg \sigma = f\left(\frac{10^3}{T}\right) \text{ asılılığından təyin olunmuşdur}$$

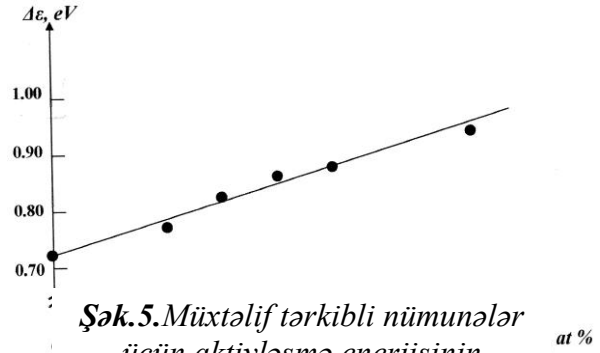


Şəkil 3. Tədqiqat qurğusu. 1-nümunə, 2-soyducu, 3-qızdırıcı, 4-kvars ox, 5-idarəedici qayka, 6-yay, 7-mis lövhə, 8-termocüt, 9-indium altlıq

Şəkil 4-də müxtəlif nümunələr üçün keçiriciliyin temperatur asılılığı, şəkil 5-də isə qadağan olunmuş zonanın eninin tərkibdən asılılıq qrafiki verilmişdir. Şəkildən görünür ki, $Ge_{1-x}Si_x$ kristalında tərkibdə Si komponentinin sıfırdan 15%-ə qədər artması ilə qadağan olunmuş zolağın eni 0,72 eV -dan 0,94 eV -a qədər dəyişir.

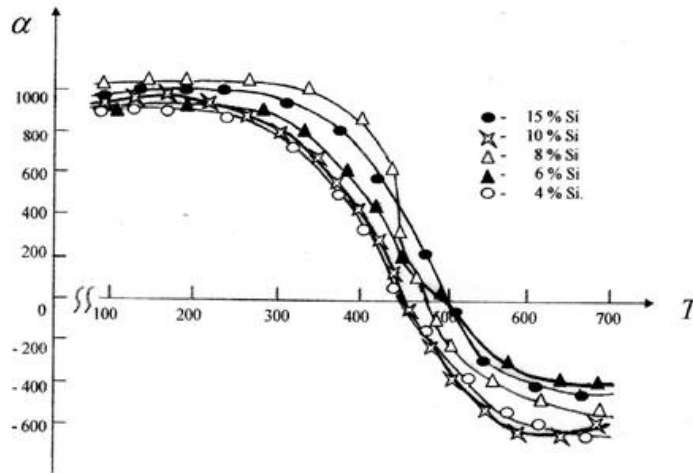


Şək.4. Müxtəlif tərkibli nümunələr üçün keçiriciliyin temperatur asılılığı



Şək.5. Müxtəlif tərkibli nümunələr üçün aktivləşmə enerjisinin tərkibdən asılılığı

Müxtəlif tərkibli nümunələr üçün termoelektrik hərəkət qüvvəsinin temperatur asılılığı 6-cı şəkildə verilmişdir. Şəkildən görünür ki, $T \approx 100 \div 400 K$ temperatur intervalında termoelektrik hərəkət qüvvəsi temperaturdan praktik olaraq asılı deyil və $T \approx 400 \div 500 K$ temperatur intervalında termoelektrik hərəkət qüvvəsi temperaturun artması ilə azalır və $450 \div 500 K$ temperatur intervalında işarəsini dəyişir.



Şək.6. Müxtəlif tərkibli nümunələr üçün termoelektrik hərəkət qüvvəsinin temperatur asılılığı

Müşahidə olunan bu qanunauyğunluq ədəbiyyatda binar bərk məhlullar üçün mövcud zona nəzəriyyəsinə tam uyğundur[5].

Nəticə. Müəyyən olunmuşdur ki, binar bərk məhlul kristallarının zona əritmə üsulu ilə alınmasında tənzimləyici həlqə tətbiq etməklə daha mükəmməl və təkmil monokristallar almaq mümkündür. Alınan $Ge_{1-x}Si_x$ kristalı $100 \div 500 K$ temperatur intervalında p -tip, $500 K$ -dən yuxarı temperaturda isə n -tip keçiriciliyə malik olur. Müəyyən olunub ki, alınan $Ge_{1-x}Si_x$

kristalının qadağan olunmuş zolağın eni tərkibdəki Si atomlarının konsentrasiyasından asılı olub tərkibdə konsentrasiyanın sıfırdan 15 %-ədək artması ilə qadağan olunmuş zonanın eni 0,72 eV -dan 0,94 eV -a qədər dəyişir.

ƏDƏBİYYAT

1. Тагиров В.И., Полупроводниковые твердые растворы германий-кремний. Баку: Элм, 1983, с.208.
2. Nurullayev Y.Q. Qismən nizamsız kristallarda elektron-defekt qarşılıqlı təsiri. F.r.e.d.avtoreferat, Bakı: 2005, 28 s.
3. Tahirov V.İ., Tahirov Ü.V., Quliyev Ə.F., Qəhrəmanov N.F. Eninə ölçüləri böyük olan binar bərk məhlulların monokristallarının zona əritməklə alınması // SDU-nun "Elmi xəbərləri", c. 11, № 2. Sumqayıt: SDU, 2011, s.3-13.
4. Tahirov V.İ., Tahirov Ü.V., Qəhrəmanov N.F., Sadıqova S.R., Ağamalıyev Z.Ə. Sabit en kəsikli monokristalların yetiştirilmə üsulu. M.S.Patent SDU İ.2010-0093. DR. 0710.2010.
5. Tahirov V.İ., Sadıqova S.R., Lətifova S.S., Qəhrəmanov N.F., İstiqamətlənmiş kristallaşmadan alınmış binar bərk məhlul xəlitələrində zona əritməklə tərkibin yenidən paylanması // АМЕА-nın "Məruzələr"i, c.LXVIII, № 5, 2012, s.32-41.

РЕЗЮМЕ

ВЫРАЩИВАНИЕ МОНОКРИСТАЛЛОВ БИНАРНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Ge_{1-x}Si_x$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЗОННОЙ ПЛАВКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Хашимова А.И., Нуруллаев Ю.Г., Гараев Э.С.

Ключевые слова: *бинарный, твердый раствор, сплав, зонная плавка, регулирующее кольцо, кристаллизация, электропроводность, термо-эдс, монокристалл $Ge_{1-x}Si_x$*

В работе с использованием нового метода зонного плавления с применением регулирующего кольца выращены кристаллы однородного бинарного твердого раствора Ge-Si с концентрацией кремния в составе от нуля до 15%. Однородность и монокристалличность кристаллов была определена рентгенографическим и металлографическим методами и исследованием электрофизических свойств образцов, вырезанных из различных частей кристалла. Термоэлектрические свойства (электропроводность и термо-эдс) полученных кристаллов исследованы в диапазоне температур 100÷ 700 К.

SUMMARY

GROWING SINGLE CRYSTALS OF BINARY $Ge_{1-x}Si_x$ SOLID SOLUTIONS USING ZONE MELTING

Hashimova A.I., Q.Nurullayev YU., Garayev E.S.

Keywords: *binary, solid solution, alloy, zone melting, regulating ring, crystallization, conductivity, thermoelectric power, $Ge_{1-x}Si_x$ single crystal.*

By using new zone melting method with application a regulating ring homogeneous binary $Ge_{1-x}Si_x$ solid solution crystals with a concentration of silicon in the composition from zero to 15% were grown. Uniformity and single-crystallinity of the prepared crystals were checked by X-ray diffraction and metallographic methods and by study electrical properties of the samples cut from different parts of the crystal. Thermoelectric properties (conductivity and thermo-emf) of the obtained crystals were investigated in the 100÷ 700 K temperature range.

Daxil olma tarixi: İlkin variant 11.05.2016
Son variant 27.09.2016

UOT 532(075.8)

MAYENİN HƏRƏKƏT TƏNLIYİNİN ZEYDEL İTERASIYA ÜSULU İLƏ HƏLLİ

¹BAĞIROVA GÜNEL HƏSƏN qızı²QƏHRƏMANOV POLAD FƏRRUX oğlu³QULIYEV ELÇİN FAMIL oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti: 1- doktorant, 2- professor, 3- doktorant

e-mail: Ulvi.hasanzade@live.com

Açar sözlər: özlü, parabola, təzyiq, şəbəkə, fərqlər üsulu.

Özlü mayenin hidromexaniki tənliklərinin müxtəlif formaları məlumdur və özlü mayenin belə hərəkətlərin bir sıra sinfinin bəzi xassələri qeyd olunub. İndi ayrı-ayrı konkret özlü mayenin hərəkətini tədqiq edək. Belə ki, o hallara baxaq ki, özlü mayenin hərəkət tənliyini dəqiq integrallamaq mümkün olsun.

İlk olaraq iki paralel müstəvi divarları arasında sıxılmayan mayenin hərəkətinə baxaq. Tutaq ki, bu müstəvilərin tənlikləri aşağıdakı kimidir:

$$z = -h ; z = h$$

Əlavə fərz edək ki, xarici qüvvə təsir etmir, hərəkət stasionardır və Ox oxuna paraleldir, onda

$$X = Y = Z = 0, \mathcal{G}_y = \mathcal{G}_z = 0, \mathcal{G}_x = \mathcal{G}(x, y, z)$$

Bu halda hidromexanikanın əsas tənlikləri

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{G}_x}{\partial t} + \mathcal{G}_x \frac{\partial \mathcal{G}_x}{\partial x} + \mathcal{G}_y \frac{\partial \mathcal{G}_x}{\partial y} + \mathcal{G}_z \frac{\partial \mathcal{G}_x}{\partial z} &= X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \Delta \mathcal{G}_x \\ \frac{\partial \mathcal{G}_y}{\partial t} + \mathcal{G}_x \frac{\partial \mathcal{G}_y}{\partial x} + \mathcal{G}_y \frac{\partial \mathcal{G}_y}{\partial y} + \mathcal{G}_z \frac{\partial \mathcal{G}_y}{\partial z} &= Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \Delta \mathcal{G}_y \\ \frac{\partial \mathcal{G}_z}{\partial t} + \mathcal{G}_x \frac{\partial \mathcal{G}_z}{\partial x} + \mathcal{G}_y \frac{\partial \mathcal{G}_z}{\partial y} + \mathcal{G}_z \frac{\partial \mathcal{G}_z}{\partial z} &= Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \Delta \mathcal{G}_z \\ \frac{\partial \mathcal{G}_x}{\partial x} + \frac{\partial \mathcal{G}_y}{\partial y} + \frac{\partial \mathcal{G}_z}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

yuxarıdakı fərziyyələrə görə çox sadələşəcəkdir [1] :

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

Bu tənliklərin axırıncısı göstərir ki, \mathcal{G} ancaq y və z -dən asılı ola bilər, ortadakı tənliklərdən alınır ki, p ancaq x -dən asılı ola bilər; onda (2) ifadəsində birinci tənliyin sol tərəfi ancaq tək x -dən asılıdır, lakin sağ tərəf isə y və z -dən asılıdır, bu isə ancaq o vaxt mümkün olar ki, bu tənliyin sağ və sol tərəfi sabit kəmiyyət olsun, yəni

$$\frac{dp}{dx} = const$$

olsun. \mathcal{G} - funksiyasının təyini

$$L\mathcal{G} \equiv \frac{\partial^2 \mathcal{G}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \mathcal{G}}{\partial z^2} = \frac{1}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \quad (3)$$

tənliyinin

$$\mathcal{G} = 0 \quad \text{əgər} \quad z = \pm h \quad (4)$$

sərhəd şərtindən, mayenin məhdud tərənəmz divara yapışması şərtindən alınır. (3), (4) məsələsinin z - dən asılı xüsusi həllini asanlıqla almaq olur $\mathcal{G}(y, z) \equiv g(z)$, həqiqətən də bu halda

$$\frac{d^2 \mathcal{G}}{dz^2} = \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dx},$$

bu tənliyi inteqrallasaq, alarıq:

$$\mathcal{G} = \frac{1}{2\mu} \frac{dp}{dx} z^2 + Az + B,$$

harada ki, A və B - ixtiyari sabitlərdir və bunları təyin etmək üçün (4) şərtindən istifadə edirik. Axırını tənliklərdən alınır ki,

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

buradan

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

və nəticədə

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

Aldığımız bu həll bizə lazım olan (3), (4) məsələsinin həllidir. Həqiqətən də, tutaq ki,

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

Onda aydındır ki, $u(y, z)$ funksiyası

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0 \quad (5)$$

Laplas tənliyini

$$u = 0 \quad \text{və ya} \quad z = \pm h \quad (6)$$

sərhəd şərtləri daxilində ödəməlidir. Əgər tələb etsək ki, \mathcal{G} və eyni zamanda u baxdığımız oblastda məhdud olsun, onda (5), (6) tənliyinin yeganə həlli $u \equiv 0$ olar. Əks halda məhdud olan u funksiyası göstərilən şərtlər daxilində maksimum və ya minimum qiymətlərini ala bilər [1].

Beləliklə, qeyd olunanları nəzərə alsaq mayenin axın tənliyi aşağıdakı bərabərliklə təyin olunur:

$$\mathcal{G} = -\frac{1}{2\mu} \frac{\partial p}{\partial x} (h^2 - z^2) \quad (7)$$

Mayenin paylanma sürəti parabola qanununa tabe olur. İki $y=0$ və $y=b$ müstəvi divarları ilə məhdudlanmış mühtdən vahid zamanda axan Q maye miqdarını hesablayaq. Belə ki,

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

olanda

$$Q = -\frac{2h^3 b}{3\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \quad (8)$$

olar. Bu ifadəni yuxarıda söylənilən prizmanın $2hb$ en kəsiyinə bölsək, mayenin $\bar{\mathcal{G}}$ orta sürəti üçün alarıq:

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

Əgər Ox oxu üzərində iki M_0 və M_1 nöqtələrini götürüb aralarındakı məsafəni l , həmin nöqtələrdəki təzyiqləri uyğun olaraq p_0 və p_1 ilə işarə etsək və nəzərə alsaq ki,

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{p_1 - p_0}{l}$$

onda (8) ifadəsindən təzyiğin düşməsi üçün alırıq:

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

Beləliklə, baxılan halda vahid uzunluqda təzyiğin düşməsi özlülük əmsalı və mayenin axma miqdarı ilə düz, divarlar arasındakı məsafənin kubu ilə tərs mütənəsibdir.

Özlü mayenin hərəkət tənliyini Zeydel iterasiyası ilə həll etmək olar. Bunun üçün özlü mayenin hərəkət oblastını D ilə işarə edək. Tutaq ki, D oblastının sərhəddi ordinat oxunu $O(0,0)$ və $B(z_B, 0)$ nöqtəsində kəsir. OB parçasını bərabər hissələrə bölək və bölgü nöqtələrindən

$$y = \left(\frac{3}{2}m\tau\right)^{2/3}, z = n\tau$$

düz xətlərini keçirək.

$$y > 0 \text{ oblastında } z = n\tau, \quad y = \left(\frac{3}{2}m\tau\right)^{2/3} \text{ şəklində}$$

olan D oblastının daxilinə və sərhəddinə düşən nöqtələri götürsək, D_h şəbəkə oblastını alırıq (n, m – ədədlərdir). Şəbəkənin bütün nöqtələri $y = y_m$, $m = 0, 1, 2, \dots, N$ düz xətləri üzərində yerləşir, harda ki,

$$y_m = \left(\frac{3}{2}m\tau\right)^{2/3}, \quad m = 0, 1, 2, \dots, N$$

Aşağıdakı işarələmələri daxil edək:

$$\ell_m = y_m - y_{m-1}, \quad \ell_{m+\frac{1}{2}} = y_{m+\frac{1}{2}} - y_m.$$

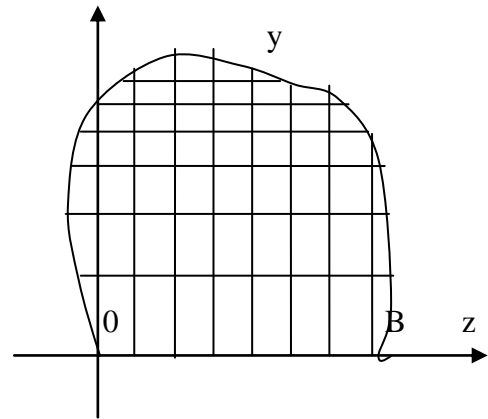
Bütün qonşu düyün nöqtələri D_h şəbəkə oblastının daxilinə və ya sərhəddinə düşən nöqtələri müntəzəm düyün nöqtələri adlandıracağıq. Heç olmasa bir qonşu nöqtəsi D_h oblastından kənara düşən nöqtələri qeyri-müntəzəm düyün nöqtələri adlandıracağıq və həmin düyün nöqtələrində (3) tənliyinin approksimasiyasında Mikiladze üsulundan istifadə edəcəyik. $y > 0$ oblastında müntəzəm düyün nöqtələrində (3) tənliyi aşağıdakı kimi approksimasiya olunur:

$$R_h \nu_h \equiv \frac{2}{l_m l_{m+1}} \left[\frac{l_{m+1}}{l_m + l_{m+1}} \nu(y_{m-1}, z) - \nu(y_m, z) + \frac{l_m}{l_m + l_{m+1}} \nu(y_{m+1}, z) \right] + \frac{\nu(y_m, z + \tau) - 2\nu(y_m, z) + \nu(y_m, z - \tau)}{\tau^2} = \bar{f}_n \quad (9)$$

harada ki,

$$\bar{f}_n = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{p_1 - p_0}{l}$$

$y > 0$ oblastında, yəni tənliyin elliptik olduğu oblastda qeyri-müntəzəm düyün nöqtələrində (3) tənliyi Mikiladze üsulu ilə aşağıdakı kimi approksimasiya olunur:



$$\begin{aligned} \tilde{R}_h \nu_h &\equiv \frac{2}{l_m l_{m+\frac{1}{2}}} \left[\frac{l_{m+\frac{1}{2}}}{l_m + l_{m+\frac{1}{2}}} \nu(y_{m-1}, z) - \nu(y_m, z) + \frac{l_m}{l_m + l_{m+\frac{1}{2}}} \nu(y_{m+\frac{1}{2}}, z) \right] \\ &+ \frac{2}{\tau_1 \tau_2} \left[\frac{\tau_2}{\tau_1 + \tau_2} \nu(y_m, z + \tau_1) - \nu(y_m, z) + \frac{\tau_1}{\tau_1 + \tau_2} \nu(y_m, z - \tau_2) \right] = \bar{f}_n \end{aligned} \quad (10)$$

harada ki, $\tau_1, \tau_2 < \tau$, $\tilde{f}_n = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{p_1 - p_0}{\bar{l}}$

Sərhəd düyün nöqtələri çoxluğunu Γ_h ilə işarə edək. (4) sərhəd şərtləri dəqiq approksimasiya olunur. Beləliklə, (3) diferensial tənliyini (9)-(10) tənliklər sistemi ilə əvəz etmək olar. Aydınadır ki, (9)-(10) tənliklər sistemində tənliklərin sayı $D_h - \Gamma_h$ oblastındakı düyün nöqtələrinin sayına bərabərdir. (9)-(10) tənliklər sistemini və sərhəd şərtlərini aşağıdakı kimi yazmaq:

$$R_h \vartheta_h = f_h \quad (11)$$

$$\vartheta_h|_{\Gamma_h} \quad (12)$$

harada ki,

$$\begin{aligned} R_h \mathcal{G}_h &\equiv \begin{cases} \bar{R}_h \mathcal{G}_h & \text{müntəzəm düyün nöqtələrində} \\ \tilde{R}_h \mathcal{G}_h & \text{qeyri- müntəzəm düyün nöqtələrində} \end{cases} \\ f_h &\equiv \begin{cases} \bar{f}_h, & \text{müntəzəm düyün nöqtələrində} \\ \tilde{f}_h, & \text{qeyri- müntəzəm düyün nöqtələrində} \end{cases} \end{aligned}$$

(11), (12) fərqlər sxemi monoton sxem olduğundan həllin varlığı və yeganəliyi maksimum prinsipindən alınır. Əgər fərz etsək ki, (3) diferensial tənliyinin həlli $\mathcal{G} \in C^2(\bar{D})$, onda Teylor düsturundan istifadə edərək göstərmək olar ki, $y > 0$

$$R_h \mathcal{G} - L \mathcal{G} = O(h^{\frac{2}{3}})$$

Buradan belə nəticə çıxarmaq olar ki, (11), (12) sxemi (3),(4) məsələsini $O(h^{\frac{2}{3}})$ tərtibdən approksimasiya edir. (11), (12) fərqlər sxeminə baxaq. Həmin sxemə daxil olan (9) və (10) tənliklərini $\mathcal{G}(y_m, z)$ -ə görə həll edək.

$$\begin{aligned} \nu(y_m, z) &= \left\{ \frac{2}{l_m l_{m+1}} \left[\frac{l_{m+1}}{l_m + l_{m+1}} \nu(y_{m+1}, z) + \frac{l_m}{l_m + l_{m+1}} \nu(y_{m-1}, z) \right] + \right. \\ &\left. + \frac{\nu(y_m, z + \tau_1) + \nu(y_m, z - \tau_1)}{\tau^2} - \bar{f}_n \right\} \cdot \left[\frac{2}{l_m l_{m+1}} + \frac{2}{\tau^2} \right]^{-1}, \\ \nu(y_m, z) &= \left\{ \frac{2}{l_m + l_{m+\frac{1}{2}}} \left[\frac{l_{m+\frac{1}{2}}}{l_m + l_{m+\frac{1}{2}}} \nu(y_{m-1}, z) + \frac{l_m}{l_m + l_{m+\frac{1}{2}}} \nu(y_{m+\frac{1}{2}}, z) \right] + \right. \\ &\left. + \frac{2}{\tau_1 \tau_2} \left[\frac{\tau_2}{\tau_1 + \tau_2} \nu(y_m, z + \tau_1) + \frac{\tau_1}{\tau_1 + \tau_2} \nu(y_m, z - \tau_2) \right] - \bar{f}_n \right\} \cdot \left[\frac{2}{l_m l_{m+\frac{1}{2}}} + \frac{2}{\tau_1 \tau_2} \right]^{-1} \end{aligned}$$

Onda (11), (12) sistemini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\mathcal{G}_n = \sum_{k=1}^{n-1} a_{nk} \mathcal{G}_k + \sum_{k=n+1}^N a_{nk} \mathcal{G}_k + f_n, \quad n=1,2,\dots,N \quad (13)$$

harada ki, \mathcal{G}_n – \mathcal{G} funksiyasının n nömrəli düyün nöqtəsindəki qiymətidir.

Asanlıqla göstərmək olar ki, (13) sisteminin həllini Zeydelin iterasiya üsulu ilə tapmaq olar, başqa sözlə sıfırıncı yaxınlaşmanı əgər $\mathcal{G}_1^{(i)}, \mathcal{G}_2^{(i)}, \dots, \mathcal{G}_N^{(i)}$ ilə işarə etsək, onda sonrakı yaxınlaşmaları aşağıdakı düsturla tapmaq olar:

$$\mathcal{G}_n^{(i+1)} = \sum_{k=1}^{n-1} a_{nk} \mathcal{G}_k^{(i+1)} + \sum_{k=n+1}^N a_{nk} \mathcal{G}_k^{(i)} + f_n, \quad n=1,2,\dots,N$$

Burada \mathcal{G}_n (13) sisteminin həllidir, $a_{nk}(n, k=1,2,\dots,N)$ isə (11), (12) sisteminin uyğun əmsallarıdır. Beləliklə, $n \rightarrow \infty$ şərtində

$$\mathcal{G}_n^{(i)} \rightarrow \mathcal{G}_n$$

Başqa sözlə, iterasiya prosesi yığılır.

Ədədi eksperiment. Tutaq ki, sadə Γ əyrisi

$$y^2 + \left(z - \frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

tənliyi ilə verilmişdir və (3) tənliyinin həllini

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

kimi seçsək, Filippov alqoritminə əsasən Zeydel iterasiyası ilə kompüterdə aparılan ədədi eksperimenti aşağıdakı cədvəl şəklində vermək olar.

Düyün nöqtələri	Ədədi həll $h=0,05$	Dəqiq həll	Mütləq xəta
1	2	3	4
A(1,5)	0,036	0,040	0,004
A(1,7)	0,088	0,090	0,002
A(1,9)	0,160	0,160	0,000
A(1,11)	0,251	0,250	0,001
A(1,13)	0,363	0,360	0,003
A(1,15)	0,494	0,490	0,004
A(1,17)	0,645	0,640	0,005
A(1,19)	0,821	0,810	0,011
A(3,3)	0,075	0,088	0,013
A(3,5)	0,116	0,118	0,002
A(3,7)	0,168	0,168	0,000
A(3,9)	0,239	0,238	0,001
A(3,11)	0,330	0,328	0,002
A(3,13)	0,441	0,438	0,003
A(3,15)	0,573	0,568	0,005
A(3,17)	0,724	0,718	0,006
A(3,19)	0,904	0,888	0,016

Burada $A(i, j)$ $y > 0$ oblasında yerləşən düyün nöqtələridir. Baxılan şəbəkə oblastında nisbi xəta iterasiyaların sayından asılı olaraq azalır, yığılma sürəti $A(1,3)$ nöqrəsi ətrafında azalır.

Nəzərə alsaq ki, sərhəd ətrafında approksimasiyanı iki üsulla: sadə köçürmə və Mikiladze üsulu ilə aparmaq olar, lakin qeyd etmək lazımdır ki, daha dəqiq nəticə Mikiladze üsulu ilə alınmışdır və bu halda Zeydelin iterasiya üsulunun xətası sifra uğulır.

ƏDƏBİYYAT

1. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Ч.II, Изд. 4-е. Москва: ГИФМЛ, 1963, 727 с.
2. Пасконов В.М., Полежаев В.И., Чудов Л.А. Численное моделирование процессов тепло-и массообмена. Москва: Наука, 1984, 285 с.
3. Гахраманов П.Ф. Об одном решении струи вязкой несжимаемой жидкости методом конечных разностей. Техника и технология, № 4 (33), Москва: 2009, с.99-104.
4. Гахраманов П.Ф. Решения уравнений конвективного тепло-массопереноса методом конечных разностей. Естественные и технические науки, №6(44), Москва: 2009, с.555-560.
5. Исмаилов Р.Ш., Гахраманов П.Ф. Основные уравнения механики одно-и двухфазных сплошных сред с внешним тепломассообменом. Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Том 1. Труды I международного симпозиума. Москва: 2010. с.72-83.

РЕЗЮМЕ

РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ ЖИДКОСТИ ИТЕРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ ЗЕЙДЕЛЯ

Багирова Г.Г., Гахраманов П.Ф., Гулиев Е.Ф.

Ключевые слова: *вязкость, парабола, давление, сетка, разностный метод.*

Выведены основные уравнения гидромеханики вязкой жидкости в различных формах и установлен ряд свойств, присущих либо всем движениям вязкой жидкости, либо большим классам таких движений. В работе исследованы отдельные конкретные движения вязкой жидкости для тех случаев, когда можно точно проинтегрировать уравнение вязкой жидкости.

SUMMARY

THE DECISION OF THE EQUATION OF MOVEMENTS OF THE LIQUID ITERATIVE METHOD ZEYDEL

Baqirova G.H., Qahramanov P.F., Quliyev E.F.

Keywords: *viscosity, parabola, pressure, grid, method.*

It is entered the basic equations of a hydromechanics of a viscous liquid in various forms and we will establish a number of the properties inherent or all movements of a viscous liquid, or to the big classes of such movements. In work исследование separate concrete movements of a viscous liquid from those cases when it is possible to integrate precisely the equations of a viscous liquid.

Daxil olma tarixi: İlk variant 11.03.2016
Son variant 27.09.2016

UOT 621.762.8.07

**OVUNTU MATERIALLARININ XROMLAŞDIRILMASININ
XÜSUSİYYƏTLƏRİ**¹HACIYEVA SİMA MUSA qızı²ƏBDÜLƏZİMOVA YEGANƏ ƏYYUB qızı*Azərbaycan Texniki Universiteti: 1-doktorant, 2- dosent**e-mail: ariff-1947@mail.ru*

Açar sözlər: xromlaşdırma, ovuntu materialları, konsentrasiya, bərklik, diffuzion örtük, komponent, haloid duzlar

Məqalədə ovuntu materiallarının xromlaşdırılmasının xüsusiyyətləri araşdırılmış, xromlaşdırma üçün doydurucu mühit seçilmiş və prosesin recimləri tapılmışdır. Səthdə xromun konsentrasiyası artdıqca həmin sahələrdə bərkliyin yüksəlməsi müşahidə olunur.

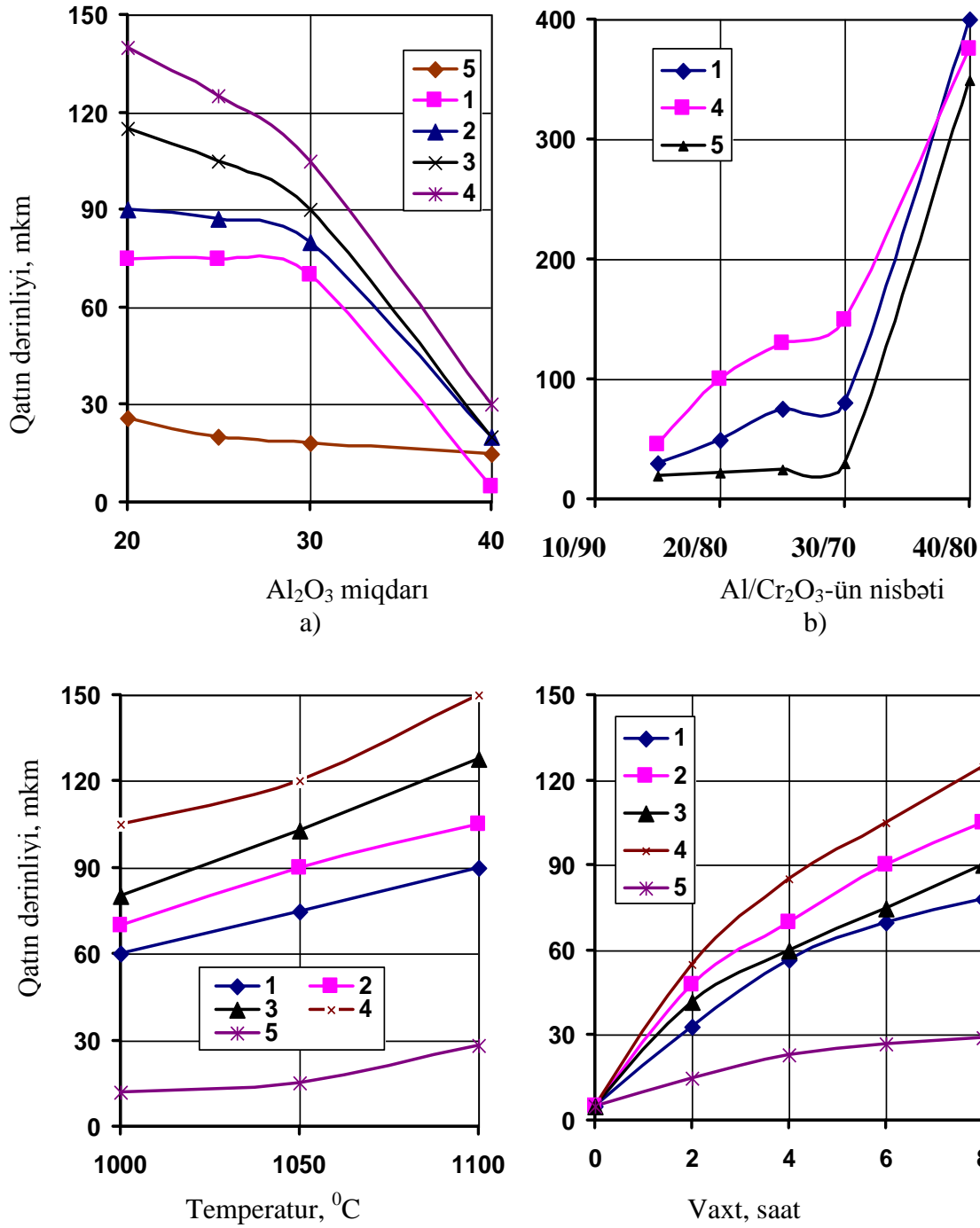
Giriş. Karbonsuz və azkarbonlu ovuntu materiallarının xromlaşdırılması onların elektrokimyəvi və yüksəktemperaturlu qaz korroziyasına müqavimətini, artırmaq məqsədilə həyata keçirilir. Yüksək karbonlu xromlaşdırılmış ərintilər yaxşı antikorrozion xassələrdən savayı yüksək yeyilməyə qarşı dözümlülüyə malik olurlar. Metal və ərintilərin diffuzion xromlaşdırılması haqqında məlumat habelə geniş bibliografik materiallar [1,2]- ci işlərdə verilmişdir.

Bişirilmiş dəmirin və onun ərintilərinin xromlaşdırılması xrom və ya ferroxrom [3,4] əsasında ovuntuyabənzər qarışıqlarda, xromun hallogenidləri əsasında metallotermik qarışıqlarda və qaz mühitlərində aparılır.

Nəticələrin müzakirəsi. Bişirilmiş materialların alüminotermik qarışıqlarda xromlaşdırılma prosesi daha tam şəkildə öyrənilmişdir. Bu halda emalın həm birgə, həm də bölünmüş variantları istifadə oluna bilər. Bişirilmiş materialların xromlaşdırılmasında alüminotermik qarışığı ilkin bərpa etməklə bölünmüş prosesə üstünlük vermək lazımdır, çünki bu halda doydurucu mühidə xromun daha yüksək konsentrasiyası və aydındır ki, diffuzion qatın yüksək formalaşma sürəti və alınmış nəticələrin yaxşı stabilliyi təmin olunur. Diffuzion xromlaşdırma üçün ilkin qatışığın tərkibinə aşağıdakı komponentlər daxil olur: xrom oksidi – xrom tədarükçüsü, alüminium-bərpaedici, alüminium oksidi – ballast əlavəlik, qələvi və qələvi torpaq metalların halloid duzları – prosesin aktivləşdiriciləri.

İlkin qatışıda Al_2O_3 –ün və alüminiumun miqdarının diffuzion qatın dərinliyinə təsiri şəkil 1,a,b-də göstərilmişdir. Əgər onun miqdarı xrom oksidini bərpa etmək üçün zəruri olan miqdardan azdırsa (< 26%), onda xrom oksidinin bir hissəsi bərpa olunmamış qalacaqdır: diffuzion mənbəyin gücü bu halda azalacaqdır ki, bu da öz növbəsində diffuzion qatın qalınlığının azalmasına gətirəcəkdir. Əgər alüminiumun miqdarı xrom oksidinin bərpası üçün zəruri olan miqdarı (>26%) üstələyirsə, onda doydurucu mühidə alüminium artığı qalır və kimyəvi-termiki emalda ərintinin eyni vaxtda alüminium və xromla doydurulma prosesi reallaşır. Bu halda diffuzion qatın dərinliyi kəskin artır, onun təbiəti, quruluşu, və faza tərkibi isə dəyişir.

Alüminium və xromla eyni vaxtda doydurmada diffuzion qatın dərinliyinin artırılması alüminiumun γ -dəmirə yüksək sürətli diffuziyası ilə şərtlənir ki, bu da 1100°C doydurma temperaturunda təxminən 30 dəfə xromun diffuziya sürətini üstələyir. Qatda alüminiumun 1,0-1,2% (kütlə üzrə) konsentrasiyasına nail olunduqda dəmirdə γ qəfəsin α qəfəsə çevrilməsi baş verir, bunula da xromun diffuziyası asanlaşır.



Şəkil 1. Doydurucu qatışıqın tərkibinin və doydurma şəraitinin ərintilərin xromlaşdırılmış qatının dərinliyinə təsiri (=95%: 1-dəmir; 2- ЖХЗ ərintisi; 3- CX6 ərintisi; 4- CX9 ərintisi; ЖГр 1,5 ərintisi (a-Al/Cr₂O₃=25%/75%, T=1100⁰C, τ=4 saat; b-Al₂O₃=25%, T=1100⁰C, τ = 4 saat; v- Al/Cr₂O₃=25%/75 %; Al₂O₃=25%, τ= 4 saat; q- Al/Cr₂O₃=25%/75%; Al₂O₃=25%, T=1100⁰C)

Xromalüminiumlaşdırılmış qatda xromun və alüminiumun konsentrasiyası onların doydurucu qatışıqda miqdarından asılıdır. İlkin qatışıqda alüminiumun artırılması onun konsentrasiyasını diffuzion qatda çoxaldır, xromun konsentrasiyası isə bu halda azalır. Məsələn, ballast əlavəliyin sabit miqdarında (Al₂O₃=26% (kütlə üzrə)) və ilkin qatışıqda xrom oksidinin və

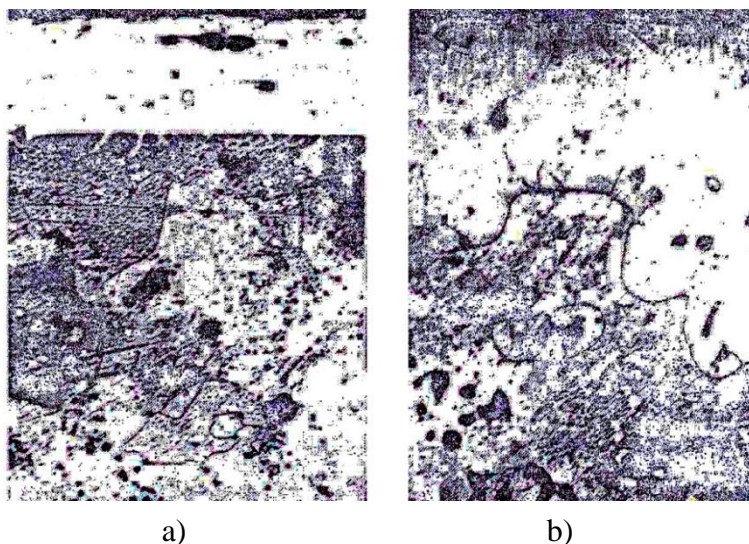
alüminiumun nisbətini $Cr_2O_3:Al=70:30$ bərabər halında doydurmanın eyni şəraitlərində ($T=1100^{\circ}C$, $\tau=4$ saat) bişirilmiş dəmirdə diffuzion qatda xromun konsentrasiyası 44%, alüminiumunki isə 2,3% təşkil edir. Qatışıqda alüminiumun 40%-dək artırılması qatda xromun konsentrasiyasının 15%-dək azalmasına və alüminiumun 21%-dək artmasına gətirir. İlkin qatışığa 40%-dən çox alüminiumun daxil edilməsi alüminiumun üstün diffuziyası ilə və nümunələrin səthində Fe_2Al_5 alüminidin yaranması ilə müşayiət olunur. Bu halda səthin keyfiyyəti pisləşir. Ballast əlavəliyin miqdarını artırıqda qatın dərinliyi azalır (şəkil 1, a). Onun minimal miqdarı xrom oksidinin alüminiumla bərpə prosesində qatışıqın bişirməzlik şərti ilə təyin olunur və 20-25% təşkil edir. Alüminium oksidinin miqdarının 20%-dək az olması halında qatışıqın bişməsi və xromun kiçik külçəsinin yaranması baş verir ki, bu da onun diffuzion doydurma üçün sonrakı hazırlanmasında texniki çətinliklər yaradır.

Beləliklə, aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, bişirilmiş materialların qatışıqlarda termodiffuzion xromlaşdırılması üçün diffuzion örtüyün formalaşma sürəti və prosesin texnologiya nöqtəyi nəzərindən ən qəbul olunan ilkin alüminotermik qatışıqın aşağıdakı tərkibi ola bilər, % (kütlə üzrə).

$$97\% [20 - 30\% Al_2O_3 + 70 - 80\% (20 - 27\% Al + 73 - 80\% Cr_2O_3)] + 3\% NH_4Cl$$

Diffuzion qatın formalaşma sürətinə, strukturuna və faza tərkibinə bişirilmiş ərintinin kimyəvi tərkibi böyük təsir göstərir. Doydurmanın bütün tədqiq olunan şəraitlərində bişirilmiş dəmirin 3,6 və 9% miqdarda xromla həcmi legirlənməsi xrom qatının dərinliyinin (şəkil 1) və onun konsentrasiyasının diffuzion qatın səthində uyğun olaraq 50-dən 55, 60 və 61%-dək ($T_{doy}=1100^{\circ}C$, $\tau=4$ saat) artmasına gətirmişdir.

Xromlaşdırmada bişirilmiş dəmirdə və dəmirxrom ərintilərində xromun dəmirdə nizamlı bərk məhlulundan ibarət olan ikifazlı qat (şəkil 2) yaranır ki, onun da dərinliyi doydurma şəraitindən az asılı olur və 3-4 mkm təşkil edir, həmçinin α -dəmirdə xromun nizamsız bərk məhlulundan da ($H_{50}1800-2000$) az asılıdır.

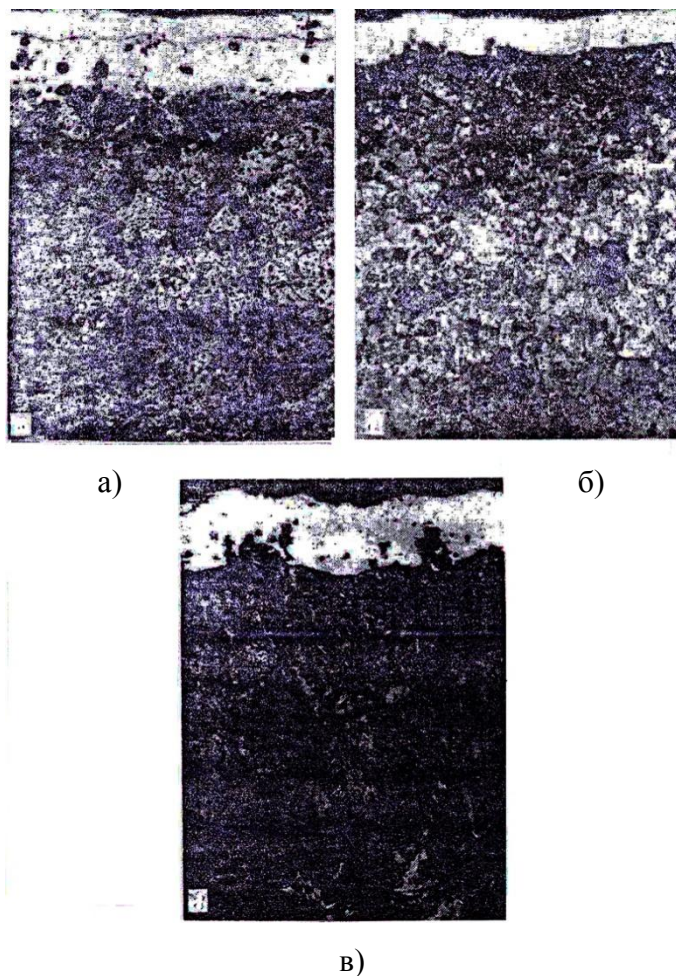


a)

b)

Şəkil 2. Dəmirdə (a) və $\mathcal{H}X9$ ərintisində (b) ($\gamma=95\%$) xromlaşdırılmış qatların mikrostrukturunu: $T=1100^{\circ}C$, $\tau=4$ saat.

Doydurucu qatışıqın tərkibi: $97\% [25\% Al_2O_3 + 75\% (25\% Al + 75\% Cr_2O_3)] + 3\% NH_4Cl \times 300$



Şəkil 3. $\mathcal{K}\Gamma p$ 0,5(a), $\mathcal{K}\Gamma p$ 1,0(b), $\mathcal{K}\Gamma p$ 1,5(v), dəmirkarbon bişirilmiş ərintilərinə $T=1100^{\circ}\text{C}$, $\tau=4$ saat recimində doydurmadan sonra xromlaşdırılmış qatların mikrostrukturları. Doydurucu qatışıqın tərkibi: $97\%[25\% \text{Al}_2\text{O}_3 + 75\%(25\% \text{Al} + 75\% \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\% \text{NH}_4\text{Cl})] \times 300$ $97\%[25\% \text{Al}_2\text{O}_3 + 75\%(25\% \text{Al} + 75\% \text{Cr}_2\text{O}_3)] + 3\% \text{NH}_4\text{Cl}$.

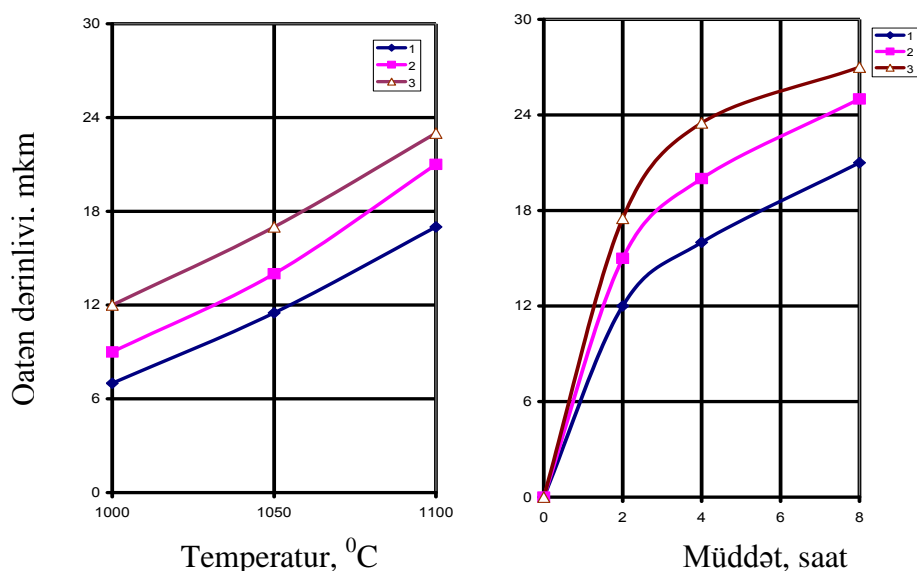
Eyni zamanda bişirilmiş poladda karbonun miqdarının xromla diffuzion doydurma prosesinə təsiri öyrənilmişdir. Xromlaşdırmaya 0,5; 1,0; 1,5% ilkin miqdarda qrafitə malik dəmirqrafit kompozisiyaları bişirməklə alınmış dəmirkarbon ərintiləri uğratdıq. Bişirildikdən sonra ərintilər ferrit-perlit strukturuna malik olur. $\mathcal{K}\Gamma p$ 0,5 bişirilmiş ərintinin strukturu təxminən 0,3%C-lu karbonlu poladın strukturuna uyğundur. Xromlaşdırmanı ilkin komponentlərin qatışıqda aşağıdakı nisbətində həyata keçirdik, % (kütlə üzrə):

Bişirilmiş dəmirin karbonla həcmi legirlənməsi xromlaşdırılmış qatın dərinliyinin kəskin azalmasına gətirir. Bu halda diffuzion qatda xromun təbiəti; quruluşu və paylanma xarakteri dəyişir. Dəmirkarbon ərintilərinin xromlaşdırılmasında ümumi halda üç zona əmələ gəlir: karbid, aralıq və karbonsuzlaşmış. $\mathcal{K}\Gamma p$ 0,5; $\mathcal{K}\Gamma p$ 1,0; $\mathcal{K}\Gamma p$ 1,5 ərintilərinə diffuzion qatların mikrostrukturları şəkil 3-də əks olunmuşdur. Xromlaşdırılmış qatın oxşar quruluşu onun əmələ gəlmə mexanizmi ilə izah olunur. Xromun diffuziyası səth zonasında termodinamik aktivliyini aşağı salır ki, bu da doydurulan materialın səthinə karbonun çıxan diffuziya prosesinin getməsinə və səth zonasında onun konsentrasiyasının artmasına gətirib çıxarır. Xromun və karbonun müəyyən konsentrasiyasına nail olunduqda ərintinin səthinin karbid qatı əmələ gəlir.

Karbid qatına bitişən zonada karbonun artırılmış konsentrasiyası daha dərin sahələrdən onun diffuziyası ilə müdafiə olunur. Bu, səthdən müəyyən qədər məsafədə karbonsuzlaşmış zonanın yaranmasına gətirir.

Zonaların dərinliyi bişirilmiş materialda karbonun miqdarı ilə təyin olunur. ЖГр1,5 ərintisində karbonun yüksək ilkin konsentrasiyası və bununla əlaqədar olan onun yüksəlmiş sürəti karbid qatının əmələ gəlməsi və böyüməsi üçün əlverişli şəraitlər yaradır və qatın dərinliyi bu halda maksimal olur. Karbonun konsentrasiyası azaldıqca karbid qatının formalaşma sürəti azalır. Tədqiq olunmuş ərintilərdə karbid qatının dərinliyinin (böyümə sürətinin) doyurma şəraitlərindən asılılığı şəkil 4-də göstərilmişdir.

Diffuzion qat üzrə xromun paylanması mikrorentgenspektral analizlə tədqiq olunmuşdur. Xromun maksimal konsentrasiyası karbid qatının səthində müşahidə olunur, onun qiyməti də doyurulan ərintidə karbonun miqdarından asılıdır. ЖГр 0,5; ЖГр 1,0; ЖГр 1,5 ərintilərində xromun səthdəki konsentrasiyası uyğun olaraq 66, 72 və 75% təşkil edir. Karbid qatında xromun konsentrasiyası səthdən özəyə doğru xətti qanunla azalır və ərintidə karbonun miqdarından asılı olmayaraq karbid zonası – aralıq zonanın ayrılma sərhəddində 55-57% təşkil edir.



Şəkil 4. Xromlaşmanın temperaturunun və davamiyyətinin ЖГр 0,5 (1); ЖГр 1,0 (2); ЖГр 1,5 (3) ərintilərində ($\gamma=95\%$) karbid zonasının dərinliyinə təsiri. Doydurucu qatışıqın tərkibi: $78\%[25\% Al_2O_3 + 75\%(25\% Al + 75\% Cr_2O_3)] + 3\% NH_4Cl$

Bişirilmiş ərintidə karbonun miqdarını artırıdca karbid qatının mikrobərkliyi H_{100} 11500-14000-dən H_{100} 13000-16500-dək artır. Rentgenanalizin göstərdiyi kimi, tədqiq olunmuş ərintilərdə karbid zonası onlarda karbonun miqdarından asılı olmayaraq eyni faza tərkibinə malik olur: $(Cr,Fe)_{23}C_6$ və $(Cr,Fe)_7C_3$. Karbid qatının altında əsas materialla müqayisədə xromun və karbonun yüksək miqdarı ilə fərqlənən zona-aralıq zona yerləşir. Xromlama temperaturundan nümunələri soyutduqda ЖГр1,0 və ЖГр1,5 ərintilərinin aralıq zonasında eutektoid çevrilməsi baş verir. Metalloqrafik olaraq o H_{100} 2600-2850MPa mikrobərklikli tünd zolaq şəklində aşkarlanır. Mikrorentgenspektral analizlərin məlumatlarına əsasən onda xromun maksimal konsentrasiyası aralıq zona-karbid qatı ayrılma sərhəddində müşahidə olunur və 6-7%-ə bərabər olur. Karbid qatından 50-70 mkm məsafədə xromun konsentrasiyası sıfıradək azalır.

ЖГр 0,5 ərintisində aralıq zonanın quruluşu yuxarıda yazılardan fərqlənir. Bu halda bilavasitə karbid qatı altında metalloqrafik olaraq 20-30 mkm dərinlikdə H_{100} 5500-6500 MPa

bərklikli zəif aşılana zona (şəkil 3,a) aşkarlanır, onun arxasında dərinliyi 20 mkm-dən çox olmayan $H_{100}1500-1900$ MPa bərklikli perlit sahəsi olur.

Yüksək bərklikli zonada xromun konsentrasiyası 12-14-dən 6-7%-dək dəyişir. Arxasınca əyridə qatlanma qeyd olunur və xromun miqdarının 6-7%-dən sıfıradək daha tədricən azalması baş verir. Bilavasitə karbid qatına birləşən aralıq zonanın sahəsində xromun yüksək (12-40%) miqdarı izotermik parçalanmasının başlanmasınadək vaxtı artırır, onun ifrat soyumasını o temperaturalradək gətirir ki, onlarda martengit seçilməsi baş verir və ЖГр 0,5 ərintisində karbid qatı altında yüksək bərklikli sahə yaranır.

Karbonsuzlaşmış zona ЖГр0,5 ərintisində dəqiq aşkarlanır. Karbonun konsentrasiyasını artırıdığca onun dərinliyi azalır və ЖГр1,5 ərintisində karbonsuz-laşmış zona metalloqrafik olaraq tapılır.

ƏDƏBİYYAT

1. Иващенко Р.К., Манилов В.А., Мильман Ю.В. и др. Роль ячеистой структуры в формировании механических свойств хрома // Физика металлов и металловедение. 1990, 28, №6, с.1070-1076.
2. Мокров А.П., Захаров П.Н. В кн.: «Диффузионные процессы в металлах», 2003, с.216-222.
3. Манкевич А.Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. М.: Машиностроение, 2005, 465с.
4. Москвин Н.И. Хромирование пористых материалов в порошковых смесях. «Вестник машиностроения». М.: Машиностроение, 1992, №3, с.49-52.

РЕЗЮМЕ

ОСОБЕННОСТИ ХРОМИРОВАНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Гаджиева С.М., Е.А.Абдулазимова

Ключевые слова: хромирование, порошковые материалы, концентрация, твердость, диффузионное покрытие, компонент, галогидные соли.

В статье рассмотрены особенности хромирования порошковых материалов, выбрана насыщающая среда для хромирования и найдены режимы процесса. Наблюдается повышение твердости поверхности с увеличением концентрации хрома на этих участках

SUMMARY

FEATURES CHROME PLATING POWDER MATERIALS

Gadzhieva S.M., Y.A.Abdulazimova

Key words: chroming, powder materials, concentration, hardness, diffusion coating, component, halide salt

The article describes the features of chrome plating powder materials, selected saturating medium for the plating and the regimes of the process. The observed increase in surface hardness with increasing the concentration of chromium at these sites.

Daxil olma tarixi:	İlkin variant	22.02.2016
	Son variant	27.09.2016

УДК 661.632.2:631.841.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГРАНУЛЯЦИИ ПОРОШКООБРАЗНОГО СУПЕРФОСФАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК¹КЕЛБАЛИЕВ ГУДРЕТ ИСМАЙЫЛ оглы²САМЕДЛИ ВУГАР МУХТАР оглы*Институт катализа и неорганической химии НАНА:**1- член-корр. НАНА, 2-профессор, диссертант*³САМЕДОВ МУХТАР МАМЕД оглы⁴АХМЕДОВ ВЕЛЯДДИН НУСРАТ оглы⁵БАБАЕВ СУЛЕЙМАН БАЛАДЖА оглы*Сумгаитский государственный университет: 3-доцент, 4-доцент, 5-ст. препод.**e-mail: samedov-muxtar @ mail.ru.*

Ключевые слова: гранулированный суперфосфат, прочность, интенсифицирующие добавки, увлажнение, массообмен, диффузия.

Рассматриваются возможности улучшения качественных показателей суперфосфатных удобрений с использованием интенсифицирующих добавок сульфата марганца $MnSO_4$ и алюминия $Al_2(SO_4)_3$ с гидроокисью аммония $(NH_4)OH$, способствующих уменьшению пористости и увеличению прочности гранул. Решена массообменная задача увлажнения гранул, определена зависимость толщины увлажнения и прочности от пористости гранулы.

Процессы гранулирования порошкообразных материалов находят широкое применение в различных областях химической, пищевой, фармацевтической и металлургической промышленности. Важными свойствами полученных гранул являются физико-химические (размер, плотность, пористость, термическая стойкость) и реологические свойства (текучесть, прочность, твердость, слеживаемость). Слеживаемость гранул связана с их уплотнением в слое под действием собственного веса и определяется характером и способностью поглощения влаги из окружающей среды при охлаждении, хранении и транспортировке минеральных удобрений [1,2]. В связи с этим, при оценке физико-механических свойств гранул удобрения важно учесть влагопоглощение при охлаждении и хранении, связанное с гигроскопичностью материала гранулы, которое можно рассматривать как одну из существенных характеристик качества. Следует отметить, что в результате поглощения влаги из атмосферного воздуха увлажняется незначительная часть приповерхностного слоя (до 5–10%), что приводит к потере прочности, связанной с образованием рыхлой структуры поверхности, способствующей разрушению и деформации формы, а также слеживаемости, т.е. к прилипанию гранул и образованию комков под действием веса вышележащих слоев. С целью исключения этих явлений необходимо уменьшить степень увлажнения за счет уменьшения пористости, что достигается использованием различных минеральных добавок или поверхностно-активных веществ [3–8].

Следует отметить, что указанные явления существенно влияют на прочность гранулы, величина которой, кроме прочих параметров, зависит от пористости гранулы. Эта зависимость выражается различными формулами, приведенными в работах [4,5]

$$\frac{d \ln(\Delta - \Delta_0)}{dC_d} = k_0 \frac{\Delta}{C_d^2} \quad (1)$$

Известны [9–11] эмпирические уравнения для определения прочности гранул

$$\Delta = \Delta_0 \exp(-b\varepsilon), \quad [9] \quad (2)$$

$$\Delta = \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \frac{F}{a^2}, \quad [10] \quad (3)$$

$$\Delta = 3.7(1-\varepsilon)^4 \frac{F}{a^{3/2}m^{1/2}}, \quad [11] \quad (4)$$

Здесь F – средняя прочность на единицу площади поперечного сечения, m – характерный размер. Приведенные зависимости (2)– (4) показывают, что с уменьшением пористости увеличивается прочность гранул.

Целью данного исследования является улучшение качественных и количественных показателей, путем использования различных добавок [сульфата марганца $MnSO_4$ и алюминия $Al_2(SO_4)_3$ с гидроксидом аммония NH_4OH] для уменьшения их пористости и увеличения прочности, а также обогащения гранулированного суперфосфата дополнительными питательными элементами- азотом, марганцем.

При охлаждении, транспортировке и хранении суперфосфатных гранул происходит естественное увлажнение, причем глубина проникновения влаги зависит от пористости структуры гранулы, содержания влаги в воздухе, размера гранул и т. д. В результате увлажнения гранулы происходит набухание, следствием чего является увеличение ее пористости и уменьшение прочности. Естественное увлажнение пористой структуры является массообменным процессом и при малых значениях чисел Пекле $Pe = \frac{VR}{D} \ll 1$ и

Фурье $Fo = \frac{D_0 t}{R^2} \ll 1$ для сферической гранулы описывается уравнением вида

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{D_*}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial C}{\partial r} \right) \quad (5)$$

$$r = R, t > 0, C = C_s; \quad t = 0, C = C_0; \quad r \rightarrow \infty, C = C_0$$

где C, C_0, C_s – текущая концентрация и концентрация влаги на поверхности гранулы и в объеме потока. Используя множество экспериментальных исследований по определению эффективного коэффициента диффузии в пористых средах [12], можно получить эмпирическую зависимость в следующем виде [13]

$$\frac{D_*}{D_0} = 0.62\varepsilon + 0.28\varepsilon^{4.4} \quad (6)$$

При $\varepsilon < 0.55$ выражение (6) с учетом извилистости пор η_d переходит в линейную зависимость (рис.1) в виде

$$\frac{D_*}{D_0} \approx 0.62\varepsilon\eta_d \quad (7)$$

Решение уравнения (5) при заданных краевых условиях и незначительных значениях числа Фурье, можно получить в виде

$$\frac{C_s - C(r, t)}{C_0 - C_s} = \operatorname{erf} \left(\frac{R - r}{2\sqrt{D_0 t \varepsilon \eta_d}} \right) \quad (8)$$

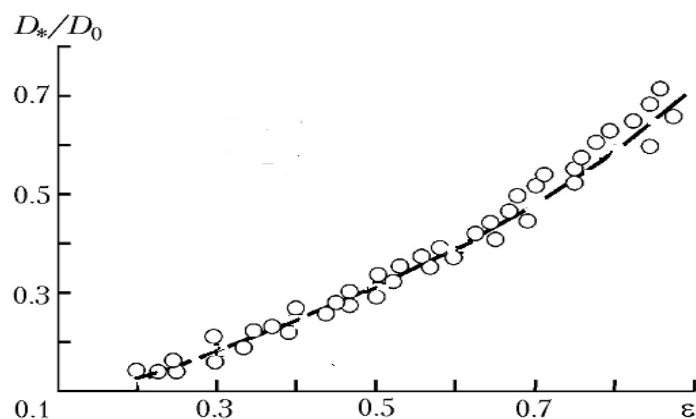


Рис.1. Изменение эффективного коэффициента диффузии в зависимости от пористости (точки – экспериментальные данные [12]).

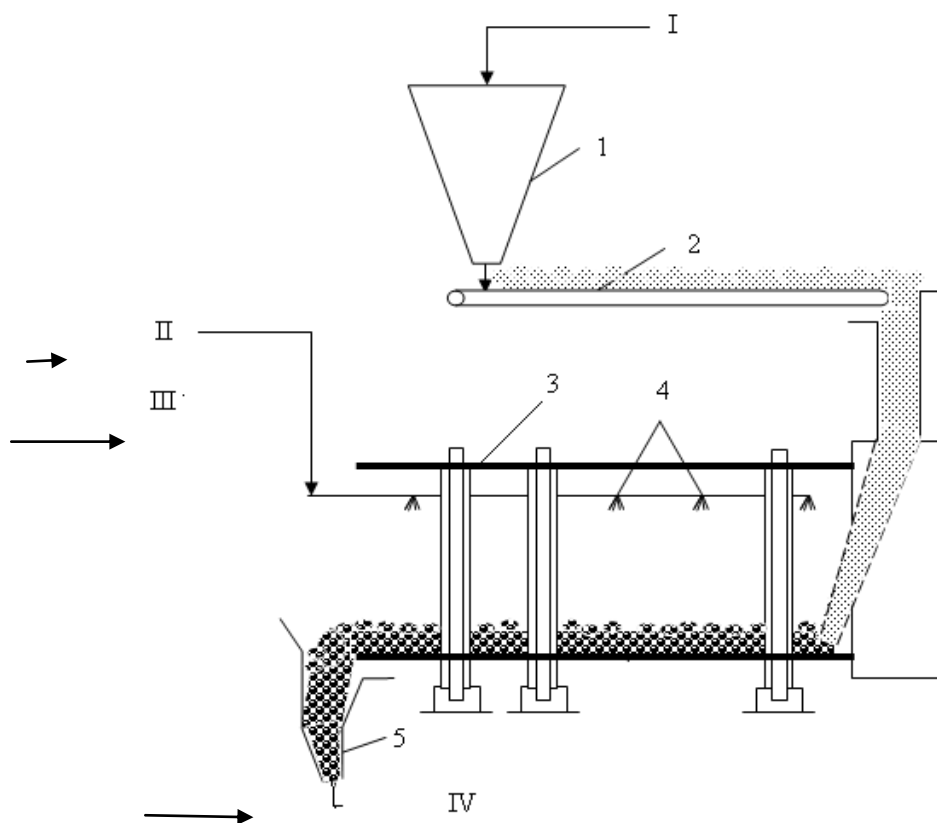


Рис.2. Схема лабораторной установки гранулирования порошкообразных материалов в барабанных аппаратах: 1– бункер для сыпучих порошков; 2– транспортер; 3– вращающийся барабанный аппарат; 4– форсунки; 5– бункер; I– линия подачи порошка; II– подача связующего вещества; III– подача добавок; IV– влажные гранулы в сушильный аппарат.

Здесь $erf(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-x^2} dx$ – интеграл ошибок, значение которого меняется в пределах от 0 до 1 при $x \rightarrow \infty$. Полное количество влаги, переносимого за время t_s определим как

$$J = -\int_0^{t_s} D_* \frac{\partial C}{\partial r} \Big|_{r=R} dt = 2(C_s - C_0) \left(\frac{t_s D_*}{\pi} \right)^{1/2} \quad (9)$$

Положив для малых значений x разложение $erf(x) \approx x/\sqrt{\pi}$, $\delta = r - R$, и $C(r, t)|_{r=\delta} = 0$, из (8) получим

$$\delta = 2 \frac{C_s}{C_0 - C_s} \sqrt{\pi D_0 t \varepsilon \eta_d} \quad (10)$$

Здесь δ – глубина проникновения влаги. Уравнение (10) можно преобразовать к виду

$$\frac{\delta}{R} \approx 2.8 \frac{C_s}{C_0 - C_s} Fo^{1/2} (\varepsilon \eta_d)^{1/2} \quad (11)$$

где $Fo = D_0 t_s / R^2$ – число Фурье. Как следует из уравнения (11), толщина увлажнения зависит от концентрации влаги и пористости среды, причем, чем больше пористость, тем глубже проникает влага в объем гранулы $\sim \varepsilon^{1/2}$.

Это уравнение позволяет оценить изменение пористости гранул в зависимости от толщины при $Fo < 0,1$ увлажнения в виде

$$\varepsilon \approx 9 \left(\frac{\delta}{R} \right)^2 \left(\frac{\Delta C}{C_s} \right)^2 \quad (12)$$

или, полагив, что $\delta/R \leq 0,1$, можно написать $\varepsilon \approx 0,1 \left(\Delta C / C_s \right)^2$. Используя уравнение (2),

можно оценить влияние влажности на прочность гранулы, для условия $\Delta/R \leq 0,1$ в виде

$$\Delta \approx \Delta_0 \exp \left[-k \left(\Delta C / C_s \right)^2 \right] \quad (13)$$

где $\Delta C = C_0 - C_s$ – движущая сила процесса увлажнения, $k = 0,1b$. Как следует из уравнения (13), прочность верхних слоев гранулы зависит от степени увлажнения в квадратичной форме. Для предотвращения падения пористости и увеличения прочности гранулы в данном исследовании предполагается использование различных минеральных добавок. Очевидно, что в уравнении (13) коэффициент k будет зависеть от концентрации минеральных добавок.

Исходя из условия $j = D_* \frac{\partial C}{\partial r} \Big|_{r=R}$, определим выражение для числа Шервуда в виде

$$Sh = \frac{2}{\sqrt{\pi \varepsilon \eta_d}} Fo^{-1/2} \quad (14)$$

Многочисленные экспериментальные и практические результаты [13–15] показали, что коэффициент молекулярной диффузии влаги в пористых средах колеблется в пределах $D \approx 10^{-9} - 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$. При условии, что $R = 2 \times 10^{-3} \text{ м}$, $\varepsilon = 0,3 - 0,5$, можно оценить число $Fo = 0,1 - 0,3$ и толщину слоя увлажнения гранулы, равной $\delta/R \approx 0,1$.

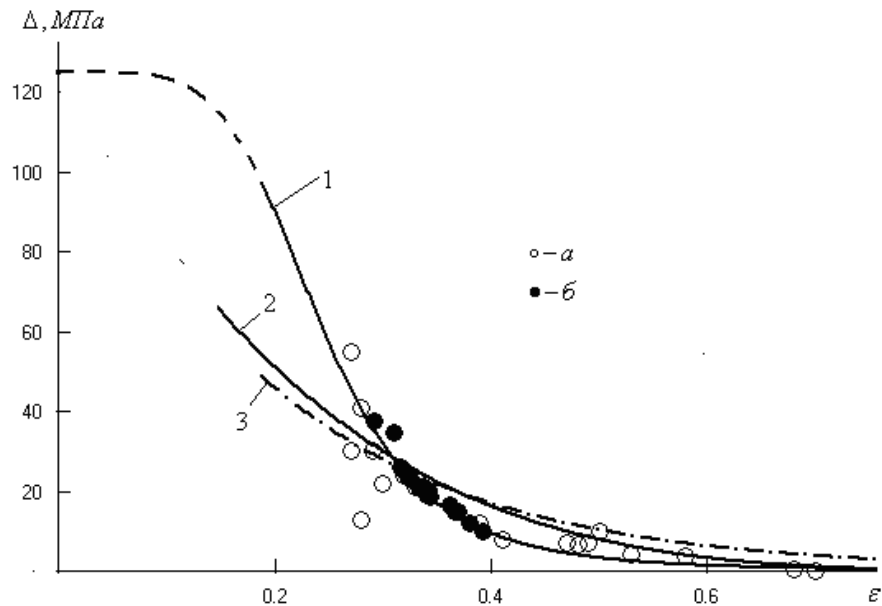


Рис. 3. Зависимость прочности гранул от пористости: 1– расчет по формуле (11); 2– расчет по формуле (4); 3– расчет по формуле (2); а– экспериментальные данные работ [9–11]; б– экспериментальные исследования данной работы.

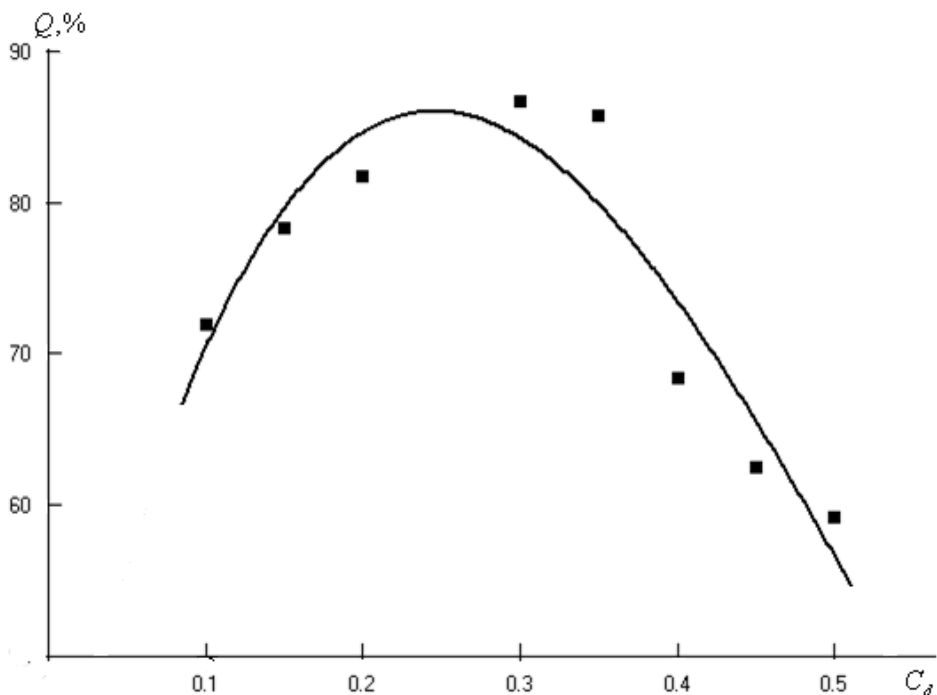


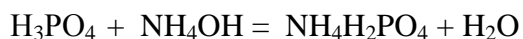
Рис.4. Зависимость выхода товарной продукции от концентрации добавок.

Таким образом, в результате увлажнения поверхность гранулы становится рыхлой и теряет прочность, что приводит к деформации, разрушению поверхности и слипанию гранул. Прежде всего, такое состояние, связано с эффективной диффузией влаги, зависящей от пористости структуры. Естественно, чтобы уменьшить потерю прочности

гранул при хранении и для обеспечения постоянной прочности необходимо получать гранулы с уплотненной структурой или же использовать определенные добавки к связующему веществу, которые в результате кристаллизации при их сушке, способствуют укреплению связей между частицами порошка и, забивая поры, уменьшают свободный объем гранулы. Как следует из уравнений (2) – (4), путем уменьшения пористости или степени увлажнения можно добиться увеличения прочности и выхода качественных гранул.

Как следует из вышеизложенного, естественное увлажнение суперфосфатных гранул способствует ухудшению физико–реологических свойств и, следовательно, создает определенные трудности при транспортировке, хранении и применении. С целью предотвращения влияния влажности воздуха на свойства гранул, процесс гранулирования порошкообразного суперфосфата осуществляли с применением добавок.

Выбор соответствующей добавки в виде органических или неорганических соединений должен осуществляться, исходя из следующих соображений: **а)** используемое соединение должно полностью растворяться в связующем веществе (в воде); **б)** его кристаллизация в процессе сушки должна обеспечить образование дополнительных «мостиков» между частицами порошка и уменьшение свободного объема в грануле; **в)** улучшить качественные и количественные показатели товарной продукции. Исходя из этого, в лабораторных условиях исследовано влияние смеси сульфата марганца $MnSO_4$ и алюминия $Al_2(SO_4)_3$ с гидроксидом аммония (NH_4OH) на состав и физико-химические свойства гранулированного суперфосфата. Экспериментальные исследования проводились в лабораторном барабанном грануляторе диаметром 12 см, длиной 80 см, угловой скоростью вращения 30 мин^{-1} и степенью заполнения, равной 15% (рис.2). В барабанный аппарат для увлажнения порошкообразного суперфосфата с помощью форсунок, расположенных в нескольких точках по длине, подавалось связующее вещество составом: $MnSO_4$ –18–20 %, NH_4OH – 6–8%, $Al_2(SO_4)_3$ - 4–5%, вода–67–72%. Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 1. Как следует из этой таблицы, наиболее высокая прочность гранул достигается при соотношении порошкообразного суперфосфата и связующего вещества (добавки) при значении 1: (0,25–0,35). При этом расход известняка полностью исключается, а кислый суперфосфат нейтрализуется аммиачной водой, входящей в состав увлажняющей жидкости. Повышение прочности гранул объясняется тем, что входящие в состав связующего вещества $MnSO_4$ и $Al_2(SO_4)_3$ более прочно связывают частицы суперфосфата при формировании гранул, заполняют поры и обеспечивают более полное их окатывание. Аммиачная вода, входящая в состав увлажняющей жидкости, реагирует со свободной фосфорной кислотой, находящейся в составе порошкообразного суперфосфата и полученный при этом моноаммонийфосфат кристаллизуется.



Формирующаяся кристаллическая структура моноаммонийфосфата сопровождается с образованием точечных дефектов, которые благоприятно воздействуют на механизм образования гранул. Таким образом, проведение процесса в указанном интервале соотношений порошкообразного суперфосфата и увлажняющей жидкости позволяет повысить прочность гранул до 25–26 МПа и улучшить качественные характеристики конечного продукта за счет его обогащения такими питательными элементами, как азот и марганец.

Механизм улучшения качественных показателей суперфосфатных удобрений заключается в добавлении смеси сульфата марганца $MnSO_4$ и алюминия $Al_2(SO_4)_3$ с гидроксидом аммония (NH_4OH) в связующее вещество при формировании гранул,

которое способствует увеличению прочности гранул с уменьшением их пористости. Предложена модель естественного увлажнения гранул, в результате чего оценена толщина увлажнения, зависящая от пористости и числа Фурье Fo (12). Используя экспериментальные данные [9–11], определим зависимость прочности гранулы от пористости в виде

$$\Delta = (0,008 + 9,6\varepsilon^5)^{-1} \quad (15)$$

с коэффициентом корреляции, равным $r^2 \approx 0.9421$ (рис.3), т.е. с увеличением пористости гранул прочность существенно уменьшается. Уравнение (15) является дополнением к выражениям (2)-(4). Как следует из рис.3, предложенное уравнение (15) более адекватно описывает экспериментальные значения прочности, чем выражения (2) и (4). На этом же рисунке приведены результаты исследований, полученных экспериментальным образом для суперфосфатных удобрений.

Исходя из результатов таблицы 1, можно получить зависимость между пористостью и концентрацией связующего вещества в виде

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 0,38 - 0,4C_d + 0,64C_d^2 \\ \Delta &= 9,5 + 104,3C_d(1 - 1,61C_d) \end{aligned} \quad (16)$$

с коэффициентом корреляции, равным $r^2 = 0.9525$. Здесь C_d – суммарное количества примеси (в масс. долях). Уравнение (16) является некоторой модификацией решения уравнения (1).

Выход товарной качественной продукции (гранул размерами 1–4 мм) и с высокой степенью прочности можно определить по формуле

$$Q = Q_0 + f(\Delta, C_d) \quad (17)$$

где $Q_0 = \frac{\pi\rho_g}{2} \int_{a_0}^{a_m} P(a)a^2 da$ – количество выработанных гранул размерами $a_0 \leq a \leq a_m$

($a_0 = 1$ мм, $a_1 = 4$ мм) без использования различных добавок, $P(a, t)$ – функция распределения гранул по размерам и по времени. В работе [16] функция $P(a, t)$, характеризующая эволюцию функции распределения гранул в барабанном аппарате, определяется на основе решения уравнения Фоккера–Планка и с использованием экспериментальных исследований восстанавливается практическое значение. Функция $f(\Delta, C_d)$ определяет влияние прочности и концентрации добавок на общую производительность аппарата, причем это выражение может быть получено в эмпирической форме на основе экспериментальных исследований. В частности, в работах [4,5] это выражение представляет собой нелинейную функцию вида $f(\Delta, C_d) = k\Delta^n$. Однако получение какого-либо детерминированного описания зависимости выхода от концентрации добавок или от прочности представляет большие трудности. Исходя из результатов таблицы 1, выход товарной фракции можно аппроксимировать в виде

$$Q = 37,2 + 441,0C_d - 1162,1C_d^2 + 715,6C_d^3$$

Как следует из таблицы 1, при малых соотношениях порошкообразного суперфосфата и увлажняющей жидкости 1: (0,1–0,2) использование добавки становится нецелесообразным, поскольку увеличивается содержание свободного P_2O_5 , так как аммиачной воды, входящей в состав увлажняющей жидкости, становится недостаточно для нейтрализации свободной фосфорной кислоты, а количество $MnSO_4$ и $Al_2(SO_4)_3$ не обеспечивает достаточного уплотнения гранул. При высоких соотношениях порошкообразного суперфосфата и увлажняющей жидкости 1: (0,40–0,50) ухудшается гранулообразование и

существенно падает выход товарной продукции (рис.4). Установлено, что выход товарной продукции проходит через максимум, причем максимум достигается при соотношениях порошкообразного суперфосфата и увлажняющей жидкости, равных 1: (0.30–0.35), что является наиболее оптимальным условием ведения процесса с использованием добавок. В этих условиях достигается более высокий выход товарной продукции, имеющей высокую прочность и, соответственно, низкую пористость, которая обеспечивает малую влагоемкость.

Таблица 1.

Зависимость физико–химических показателей и состава готового продукта (% масс.) от количества и состава добавки ($MnSO_4$ 18–20 %, NH_4OH - 6–8%, $Al_2(SO_4)_3$ 4–5%, H_2O – 67–72%).

Соотношение суперфосфата и связующей жидкости	P_2O_5 (усв.)	P_2O_5 (своб.)	N	Mn	H_2O	Δ , МПа	Выход, Q, %
1: 0.10	19.43	3.27	0.21	0.42	1.60	18.4	72.0
1: 0.15	19.40	2.92	0.30	0.58	1.82	20.9	78.3
1: 0.20	19.35	2.80	0.42	0.63	2.01	24.1	81.7
1: 0.30	19.30	2.26	0.55	0.80	2.11	25.2	86.7
1: 0.35	19.28	2.20	0.70	0.93	2.19	26.0	85.8
1: 0.40	19.07	2.18	0.89	1.12	2.35	23.3	68.4
1: 0.45	18.82	2.15	1.20	1.39	2.60	21.1	62.5
1: 0.50	18.34	2.12	1.31	1.50	2.89	19.2	59.2

Обозначения: a – размер гранул; C – концентрация влаги; C_s – равновесная концентрация влаги; C_d – концентрация добавок; D_* – эффективный коэффициент диффузии; D_0 – коэффициент молекулярной диффузии; K – коэффициент массоотдачи; $P(a, t)$ – функция распределения гранул по размерам; R – радиус гранул; t – время; Q – выход товарной продукции; ε – пористость гранул; Δ – прочность гранул; η_d – коэффициент извилистости пор в грануле; Fo – число Фурье; Pe – число Пекле; Sh – число шервуда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Birudaraj R., Goskonda S., Pande P.G. Granulation Characterization // In: Handbook of Pharmaceutical granulation Technology (Ed., Parikh D.M.) 2010, p.513-534.
2. Фирсова Л.П. // Вест. Моск. Университета Сер.2. Химия. М.: МГУ, 2000, Т.15, №4, с.331-335.
3. Gómez B. Gordo E., Ruiz-Navas E.M., Torralba J.M. // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 2006. V.17, №1-2, p.57-62.
4. Келбалиев Г.И., Самедли В.М., Самедов М.М. // Хим. Пром. сегодня. 2009, №7, с.4-7.
5. Kelbaliyev G.I., Samedli V.M., Samedov M.M. // Powder Technology. 2009, V.194, p.87-94.
6. Xin Deng, Paferson R.P., Chawla K.K., Koogma M.C., Maskin C., Fang Z., Lookwood G., Griffio A. // Journal of Material Science Letters. 2002. V.21, p.707–709.
7. Таук М.В., Горшкова Н.В., Черкасова Т.Н., Николаева И.И., Самсонов Ю.К., Лысенко Е.В., Швыров Е.Н. Способ получения гранулированного карбоната кальция // Патент РФ, №2005130084/15 от 27.05.2007.

-
- Исследование процесса грануляции порошкообразного суперфосфата*
8. Kəlbəliyev Q.İ., Səmədli V.M., Səmədov M.M., Dənəvər superfosfatın alınması üsulu // Azərbaycan Respublikasının patenti, İ 2010 0022, 02.04.2010.
9. Ryshkewitch E. // Journal of the American Ceramic Society. 1953. V.36. №2, p.65-68.
10. Rumpf H. The Strength of Granules and Agglomerates // In: W.A. Knepper (ed.): From Agglomeration, Wiley-Interscience. 1962, p.379-418.
11. Kendall K. Tribology in Particulate Technology. Bristol and Philadelphia: IOP Publishing Ltd., 1987.
12. Саттерфильд Ч. Н. Массоперенос в гетерогенном катализе. М.: Химия, 1976.
13. Келбалиев Г.И., Манафов М.Р.// Инж.–физич.Журн. 2009, Т.82. №5, с.1-8.
14. Hayaloglu A., Karabulut I., Kelbaliyev G. // Journal of Food Engineering. 2007, № 78, p.109-117.
15. Memmedov A., Kelbaliyev G.I., Alisoy G.T. // Inverse Problems in Science and Engineering. 2010, V.8, №5, p.723-736.
16. Келбалиев Г.И., Самедли В.М., Самедов М.М., Касимова Р.К. // Журнал Прикладной Химии. 2010, Т.83, №10, с.1692-1697.

XÜLASƏ

MİNERAL ƏLAVƏLƏRDƏN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ TOZŞƏKİLLİ SUPERFOSFATIN DƏNƏVƏRLƏŞDİRİLMƏSİ PROSESİNİN TƏDQIQI *Kəlbəliyev Q.İ., Səmədli V.M., Səmədov M.M., Əhmədov V.N., Babayev S.B.*

Açar sözlər: Dənəvər superfosfat, möhkəmlik, intensivləşdirici əlavələr, nəmləndirmə, kütlə mübadiləsi, diffuziya.

Manqan sulfat, alüminium sulfat və ammonium hidrokسيد məhlullarının qarışığından intensivləşdirici əlavə kimi istifadə etməklə tozşəkili superfosfatın dənəvərləşdirilməsi prosesi tədqiq edilmişdir. Seçilmiş intensivləşdirici əlavənin təsirindən dənəvər superfosfatın keyfiyyət göstəricilərinin yaxşılaşması, mexaniki möhkəmliyinin yüksəlməsi və məsaməliliyinin azalması müşahidə olunmuşdur. Nəmləndirmə prosesində kütlə mübadiləsi məsələsinin qanunauyğunluqları tədqiq edilmiş, dənəvər superfosfatın mexaniki möhkəmliyinin dənələrin məsaməliliyindən asılılığı müəyyənləşdirilmişdir.

SUMMARY

INVESTIGATION OF GRANULATION PROCESS INFLUENCE OF INTENSIFYING ADDITIONS ON STRENGTH OF SUPERPHOSPHATA

Kelbaliyev G.I., Samedli V.M., Samedov M.M., Akhmedov V.N., Babayev S.B.

Keywords: superphosphate fertilizers, moistening, mass-exchange, diffusion, porosity, strength, mineral additions.

The possibilities of improvement of the qualitative indices of superphosphate fertilizers with use of intensifying additions $MnSO_4$ and $Al_2(SO_4)_3$ with ammonium hydroxide (NH_4OH) favoring decrease of porosity and increase of granules strength are considered. The mass-exchange problem of moistening granules has been solved, the dependence of thickness of moistening and strength on granule porosity has been determined.

Daxil olma tarixi: İlkin variant 03.03.2016
Son variant 27.09.2016

UOT 574. 504.75

ƏTRAF MÜHİTİN AĞIR METALLARLA ÇİRLƏNMƏSİNƏ ANTROPOGEN TƏSİRİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

XƏLİLOVA HƏDİYYƏ XƏLİL qızı

Beynəlxalq Ekoenergetika Akademiyası, şöbə müdiri

e-mail: khalilova@rambler.ru

Açar sözlər: ağır metallar, ekosistem, antropogen təsir, çirklənmə indeksi, ekoloji risk

Məqalədə ətraf mühitin ağır metallarla çirklənməsinin ekosistemə mənfi təsirindən bəhs olunur, antropogen mənbələrin təsirinə məruz qalan ərazilərdə torpaq və dib çöküntülərinin ağır metallarla çirklənmə dərəcəsinin müəyyən olunması və ekoloji riskin qiymətləndirilməsi üsulları göstərilir. Nəqliyyatın intensiv olduğu Bakı-Mərdəkan şosesi ətrafındakı torpaqların As, Cd, Cr, Hg, Pb, Cu və Zn kimi toksik metallarla çirklənməsinin tədqiqi əsasında çirklənmə indekslərinin hesablanmasından alınan nəticələr təqdim olunur və bununla əlaqədar yaranmış potensial ekoloji risk qiymətləndirilir.

Müxtəlif antropogen və təbii mənbələrdən ətraf mühitə atılan ağır metallar (AM) ekosistemin bütün komponentləri, xüsusilə, insan orqanizmi üçün potensial təhlükə mənbəyidir. AM iki başlıca xüsusiyyəti: nisbətən az konsentrasiyalarda canlı orqanizmlərə yüksək toksik təsir göstərmələri və bioakkumulyasiya qabiliyyətləri ilə xarakterizə olunurlar. N. Reymersə görə, nadir və nəcib metallar AM sırasına daxil olmur, Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Bi və Hg AM hesab olunur. Reymersin təsnifatına görə, AM sıxlığı 5 q/sm³-dən çox olan metallardır. Kimyəvi elementlərin bioloji təsnifatına uyğun olaraq, AM mikro və ultra mikro elementlər qrupuna aiddir. Tədqiqatçıların böyük əksəriyyətinin fikrincə, Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi və Hg AM hesab olunur [1,2].

AM-in ətraf mühitdə miqdarı və ekosistemə mənfi təsiri dünya ölkələrinin mütəxəssisləri tərəfindən geniş tədqiq olunur. Bu sahədə fundamental tədqiqatlar əsasən neft-qaz, qara və əlvan metallurgiya və dağ-mədən sənayesinin, həmçinin nəqliyyat infrastrukturunun inkişaf etdiyi bölgələrdə aparılır.

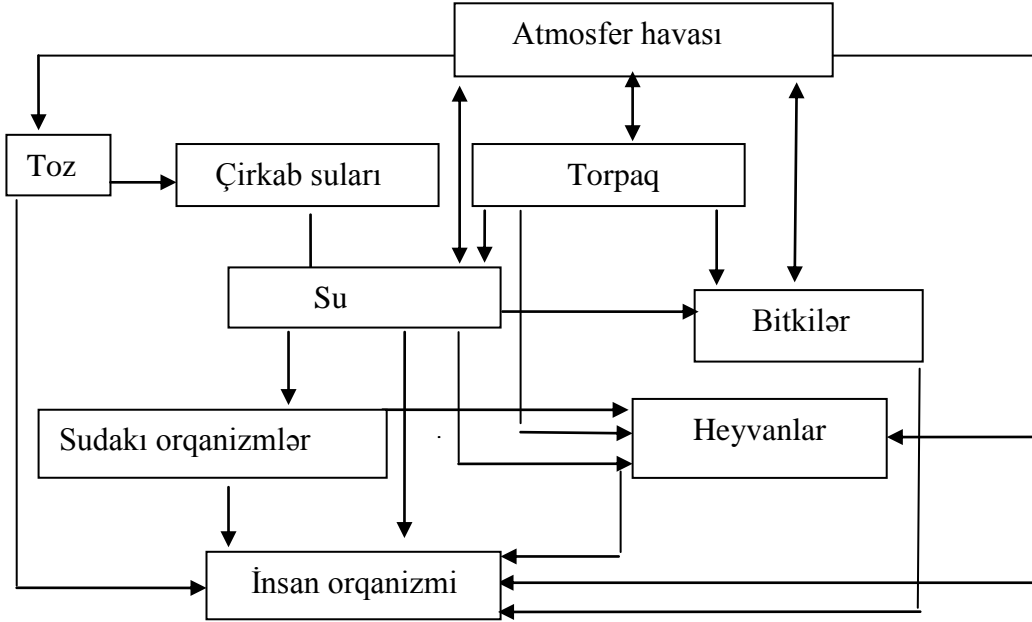
Ekosistemin komponentləri içərisində torpaq AM-in ən çox toplandığı yer hesab olunur. Torpaq digər ekoloji sistemlər – atmosfer, hidrosfer və bitkilərlə həmişə qarşılıqlı təsirdə olmaqla, AM-in insan orqanizminə düşməsinin başlıca mənbəyidir. AM torpağa düşdükdə kök sistemi vasitəsilə kənd təsərrüfatı bitkilərinin müxtəlif hissələrində, səth suları ilə yuyulduqda isə su orqanizmləri və dib çöküntülərində toplanır. Müasir dövrün əsas global problemlərindən sayılan turş yağışlar ekosistemdə AM-in miqdarının artmasına səbəb olan amillərdəndir. Torpaq suxurlarının turş yağışlarla yuyulması metalların miqdarını göllərdə və digər su hövzələrində artırır.

Ətraf mühitə düşdükdə AM birləşmələri atmosfer havasını, suyu, torpağı çirkləndirir, ərazidə yaşayan bitkilərdə və heyvan orqanizmlərində toplanır. Metalların ekosistemdə miqrasiyası onların insan orqanizminə düşməsinə şərait yaradır (şəkil 1).

AM insan orqanizminə qida məhsulları, su, hava və dəri vasitəsilə daxil olaraq müxtəlif orqanlarında toplanır toksik, allergik və kanserogen təsir göstərir. AM, xüsusilə, kiçik yaşlı uşaqlara güclü təsir edir, onlarda immunitetin zəifləməsinə, əqli və fiziki inkişafın ləngiməsinə səbəb olurlar.

Mütəxəssislərin tədqiqatları göstərir ki, metalların torpaqda asanlıqla toplanmasına baxmayaraq torpağın onlardan təmizlənməsi uzun müddət tələb edir. Karbohidrogenlərdən fərqli olaraq, AM mikrobların təsirindən parçalanmadıqlarına görə zaman keçdikcə ekosistem üçün daha

böyük təhlükə mənbəyinə çevrilirlər. Torpaqlarda AM-ın miqdarını yalnız onları təmizləmək üçün xüsusi texnologiyaların tətbiqi ilə azaltmaq mümkündür. Torpağın AM-dan yarımtəmizlənmə (yəni torpağın elementin İlkin konsentrasiyasının yarısından təmizlənməsi) dövrü ayrı-ayrı metallar üçün müxtəlif müddətlərdə baş verir. Bu proses sink üçün -70-dən 510 il, kadmium üçün 13-dən 110 il, mis üçün 310-dan 1500 il, qurğuşun üçün 770-dən 5900 il müddətində həyata keçir [2].



Şəkil 1. AM-ın insan orqanizminə düşməsinin sxematik təsviri

Şəraitdən asılı olaraq torpaqlarda AM-ın texnogen dəstəsinin transformasiyası müxtəlif istiqamətdə gedir. Buna təsir edən bir sıra mexanizmlər mövcuddur. Məs. torpağın ağır dənəvərliyi, neytral və ya zəif qələvi mühit və humusun yüksək miqdarı AM-ın miqrasiya qabiliyyətini zəiflədir, onları hərəkətsiz formalara salır. Yüngül dənəvər tərkibli, humusun miqdarının və pH-ın aşağı olduğu (5-dən kiçik) digər torpaqlarda AM-ın miqrasiya qabiliyyəti daha yüksək olur. Torpağın növündən asılı olmayaraq, texnogen landşaftlar üçün AM-ın repressiv-akkumulyativ paylanması səciyyəvidir. Texnogen torpaqlarda AM metallar üst humus qatında toplanaraq aşağı qatlara keçdikcə miqdarı kəskin azalır. Mütəxəssislərin fikrincə, əgər humusun tərkibində elementin–toksikantın miqdarı təbii landşaftdakı səviyyəsindən azdırsa, bu cür torpağı həmin elementə görə çirklənməmiş hesab etmək olar [3-6].

Bir çox yerli və xarici müəlliflər tərəfindən [7-9] avtomobillərin intensiv hərəkət etdiyi maqistralların ətrafındakı ərazilərin zərərli maddələrlə çirklənməsi tədqiq edilmiş, AM-ın maqstral yollardan 10-20, bəzən 100 m kənar ərazilərdə toplanması müəyyən olunmuşdur.

Son illərdə Abşeronda, xüsusilə, Bakıda avtomobillərin sayının, hərəkət intensivliyinin və buna uyğun olaraq ixrac qazlarının artması ekosistemin müxtəlif kimyəvi birləşmələr, o cümlədən AM-la çirklənməsinə səbəb olur.

Bu sahədə aparılmış tədqiqatların nəticələri göstərir ki, çirkləndiricilərin ətrafa yayılması nəqliyyatın hərəkət sürətindən, küləyin istiqamətindən, ərazinin relyefindən, maqstral yolların ətrafında meşə zolağının olmasından və digər amillərdən asılıdır.

Abşeron yarımadası ərazisinin çox hissəsində relyefin mənfi formaları, həmçinin müxtəlif xarakterli və ölçülü, əksər hallarda qapalı, axını olmayan çökəklik və çalalarda əks olunur. Bu tip relyeflər atmosfer çöküntülərinin yığılıb qalması və onun müəyyən hissəsinin suxurlar tərəfindən udulması üçün əlverişli şərait yaradır. Maqstral yoldan 50, 100 və hətta 200 m aralı ərazilərdəki torpaqlarda AM-ın miqdarının depressiv relyeflərdə düz sahələrə nisbətən daha çox olması müşahidə

olunur. Bu fakt toksik maddələrin relyefin mənfi elementlərində toplanmasının ətraf mühitə atılan tullantıların külək, qar və yağış suları vasitəsilə geniş ərazilərə yayılması ilə əlaqədar olmasını göstərir [8].

Bütün qeyd olunanlar Abşeron yarımadasının avtomobil tullantılarının təsirinə məruz qalan ərazilərində ekosistemə mənfi təsirin qarşısının alınması üçün AM-la çirklənmə dərəcəsinin öyrənilməsi və bunun nəticəsində yaranmış ekoloji riskin qiymətləndirilməsinin con dərəcə vacib olduğunu göstərir.

Təqdim olunan məqalədə Bakı-Mərdəkan şosesi ətrafından toplanmış torpaq nümunələrinin AM-la çirklənməsi üzrə aparılmış tədqiqatın nəticələri əsasında ərazinin As, Cd, Cr, Hg, Pb, Cu, Zn-lə çirklənmə dərəcəsi müəyyən olunmuş və ayrılıqda hər bir metalın ekosistem üçün yaratdığı potensial risk qiymətləndirilmişdir.

Müxtəlif antropogen mənbələrdən ətraf mühitə düşən AM-lar, adətən, torpaqlarda və suların dib çöküntülərində toplanır. Torpaq və dib çöküntülərində AM-la çirklənmənin qiymətləndirilməsi üçün müəlliflər tərəfindən çirklənmə indeksi (PI), zənginləşmə faktoru (ZF), geoakkumulyasiya indeksi (I_{geo}) və potensial ekoloji risk indeksinin (RI) hesablanması daha geniş tətbiq olunur [10-12].

Bakı-Mərdəkan yolu ərazisində AM-la çirklənmənin qiymətləndirilməsi üçün aşağıdakı hesablamalar aparılmışdır:

1. Çirklənmə indeksinin (PI_i) hesablanması. AM-ın çirklənmə indeksi metalın nümunədəki konsentrasiyasının (C_i) yol verilən həddinə (S_i) nisbəti ilə hesablanır:

$$PI_i = \frac{C_i}{S_i} \quad (1)$$

Hesablama zamanı AM-ın Azərbaycan qanunvericiliyi ilə müəyyən olunmuş YVH-nin qiymətlərindən istifadə olunmuşdur.

2. Zənginləşmə faktoru (ZF)

Zənginləşmə faktoru ilk dəfə atmosfer havası, yağıntılar və dəniz sularının kimyəvi tərkibinin müəyyən olunması üçün hesablanmış, sonradan torpaqların, suların dib çöküntülərinin və digər ekoloji sistemlərin tədqiqində istifadə edilmişdir. ZF aşağıdakı tənliklə hesablanır:

$$ZF = \frac{C_i/C_r}{B_i/B_r} \quad (2)$$

burada, C_i və C_r uyğun olaraq tədqiq olunan və istinad olunan metalların nümunədəki konsentrasiyaları, B_i və B_r həmin metalların Abşeron torpaqları üçün qəbul olunmuş fon səviyyələridir (FS). ZF -un hesablanması zamanı, adətən, ekosistemdə Al, Fe, Ti və yaxud Mn kimi qeyri-mütəhərrik metallardan istinad olunan metal kimi istifadə edilir. Məqalədə təqdim olunan hesablamalarda istinad olunan metal kimi Mn-dan istifadə olunmuşdur.

3. Geoakkumulyasiya indeksi (I_{geo}).

Geoakkumulyasiya indeksi ilk dəfə alman alimi Müller tərəfindən su hövzələrinin dib çöküntülərində metallarla çirklənmənin qiymətləndirilməsi üçün hesablanmış, sonradan torpaqlara tətbiq olunmuşdur [11]. Torpaq və çöküntülərdə AM-ın geoakkumulyasiya indeksinin hesablanması üçün aşağıdakı tənlikdən istifadə olunur:

$$I_{geo} = \text{Log}_2 \left(\frac{C_n}{1.5B_n} \right) \quad (3)$$

burada C_n elementin nümunədəki miqdarı, B_n onun torpaqdakı FS və 1.5 torpaqların litogen tərkibindən asılı olaraq FS -dəki dəyişikliyin təsirini tənzimləyən sabitdir.

4. Ekoloji risk faktoru

Torpaq və dib çöküntülərində AM-la çirklənmənin yaratdığı potensial ekoloji risk (RI) ekoloji risk indeksinin hesablanması ilə müəyyən olunur [12]. O bioloji sistemin toksik maddəyə qarşı həssaslığını göstərməklə, eyni zamanda ümumi çirklənmənin yaratdığı potensial ekoloji riski müəyyən edir. RI tədqiq olunan metalların ekoloji risklərinin (E_i) cəmini ifadə edir:

$$RI = \sum E_i$$

burada, E_i – hər hansı ağır metalın risk faktorudur, aşağıdakı tənliklə hesablanır:

$$E_i = T_i f_i = T_i \frac{C_i}{B_i} \quad (4)$$

burada, T_i metalın toksiklik dərəcəsini ifadə edən faktordur, f_i metalın nümunədəki konsentrasiyası C_i ilə onun torpaqdakı fon səviyyəsi B_i arasındakı nisbətdir. Cədvəl 2.4-də ekosistem üçün torpaq və dib çöküntülərində daha çox toplanan təhlükəli metallar üçün YVH, FS və T_i qiymətləri verilir.

Cədvəl 1.

Metalların YVH, FS və T_i qiymətləri

Metallar	Hg	Cd	As	Pb	Cu	Cr	Zn
YVH (mq/kq)	2,1*	1,0	2,0	32,0	3,0	6,0	23,0
FS (mq/kq)	0,4	3,0	15	20	100	40	70
T_i	40	30	10	5	5	2	1

*Qeyd: Hg-in YVH-in 2,1 qiyməti yaşayış yerlərindən uzaq ərazilər üçün müəyyən olunub.

Cədvəl 2.

Bakı-Mərdəkan yolu ətrafında torpaqların ağır metallarla çirklənməsini xarakterizə edən göstəricilərin orta qiymətləri

Metallar	Miqdarı (mq/kq)	YVH (mq/kq)	FS (mq/kq)	EF	I_{geo}	E_i
As	5,30	2,0	15	0,0266	-2,0858	3,5
Cd	4,50	1,0	3,0	0,1416	0	45,0
Cr	860	6,0	40	1,5000	3,8413	43,0
Cu	575	3,0	100	0,5500	1,9386	28,7
Hg	0,028	2,1	0,4	0,0219	-7,7433	2,80
Pb	530	32,0	20	2,1250	4,1429	132,5
Zn	435	23,0	70	0,5357	2,0506	6,20

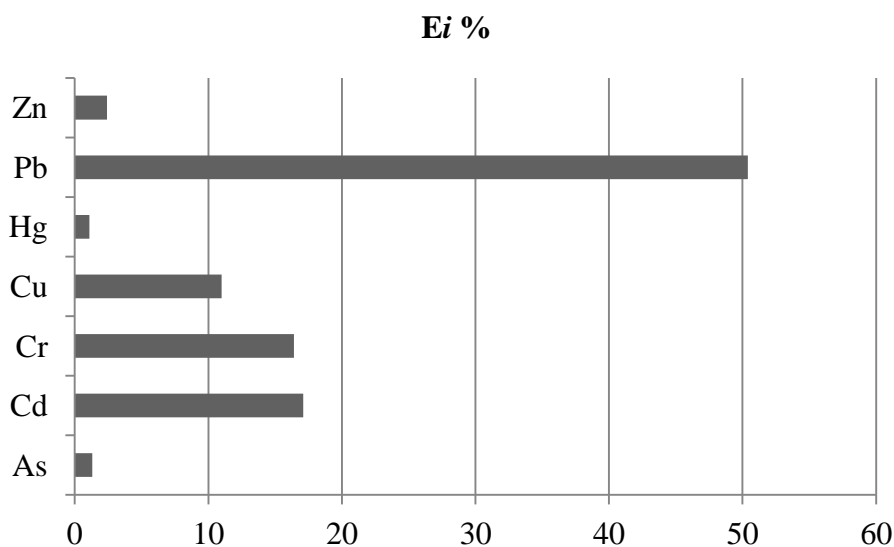
Hesablamalar ərazidəki torpaqların Pb-la yüksək səviyyədə çirkləndiyini göstərir. Cədvəl 2-də verilən məlumatlar torpaqlarda Cd, Cr, Cu və Zn-in də miqdarının xeyli yüksək olduğunu göstərir. Cədvəl 3-də I_{geo} , EF and E_i -in qiymətlərinə əsasən torpaqların AM-la çirklənməsinin təsnifatı verilir. Həmin təsnifata uyğun olaraq tədqiq olunan sahə Pb-a görə güclü çirklənmə, orta zənginləşmə və yüksək ekoloji risk kateqoriyaları ilə səciyyələnir.

Cədvəl 3.

I_{geo} , ZF və E_i -in qiymətlərinə görə torpaqların AM-la çirklənmə dərəcəsinin təsnifatı

Çirklənmə dərəcəsi	I_{geo}		ZF		E_i	
	Qeyd	Çirklənmə	Qeyd	Çirklənmə	Qeyd	Çirklənmə
1	<0	çirklənməmiş/ zəif çirklənmə	<2	tükənmədən mineral zənginləşməyədək	<40	kiçik ekoloji risk
2	0-1	orta çirklənmə	2-5	orta zənginləşmə	40-80	orta ekoloji risk
3	1-3	orta – güclü çirklənmə	5-20	xeyli zənginləşmə	80-160	böyük ekoloji risk
4	3-5	güclü çirklənmə	20-40	yüksək zənginləşmə	160-320	yüksək ekoloji risk
5	>5	təhlükəli çirklənmə	>40	çox yüksək zənginləşmə	320	çox yüksək ekoloji risk

Şəkil 2-də tədqiq olunan ərazidə torpaqların çirklənməsi nəticəsində yaranan potensial ekoloji riskdə hər bir metalın risk faizi verilir. Göründüyü kimi, ümumi potensial riskdə Pb, Cd və Cr-un faiz göstəricisi digər metallara nisbətən daha yüksəkdir. Potensial riskin 50%-i Pb-la çirklənmənin hesabına yaranır.



Şəkil 2. Bakı-Mərdəkan magistral yolu ətrafında torpaqların AM-la çirklənməsindən yaranan potensial ekoloji risk

Nəticələrin çirklənmə indekslərinin qiymətləri ilə müqayisəli təhlili tədqiq olunan ərazidə Pb istisna olunmaqla digər metalların ekosistem üçün yaratdığı risk kiçik ekoloji risk kateqoriyası ilə xarakterizə olunur. Lakin nəqliyyatın sayının gündən-günə artması gələcək illərdə daha böyük risk təhlükəsinin yaranması ilə nəticələnə bilər. Nəqliyyatın intensiv olduğu ərazilərdə zərərli tullantıların qarşısının alınması üçün magistral yolların ətrafında müxtəlif ağaclardan ibarət yaşıllıqların salınması məqsəduyğundur. Yol kənarında ağacların əkilməsi ilə torpaqlarda ənənəvi yanacaqın yanmasından alınan zərərli tullantıların, o cümlədən AM-ın miqdarını xeyli azaltmaq mümkündür.

ƏDƏBİYYAT

1. Авцын А. П., Жаворонков А.А., Риш М.А. и др. Микроэлементозы человека. М: Медицина, 1991, 496 с.
2. Теплая Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы)//Астраханский вестник экологического образования. 2013, №1(23), с.182-192.
3. Чертко Н. К., Чертко Э. Н. Геохимия и экология химических элементов. Справочное пос. Минск: Издательский центр БГУ, 2008, 140 с.
4. Ильминских Н.Г., Саламатова Т.В. Трансформация природного комплекса от существующих источников антропогенного воздействия на примере Бегешкинского месторождения нефти //Нефтяное хозяйство. 1998, № 3, с.78-73.
5. Глазовская М.А. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды. М.: Наука, 1989, 326 с.
6. Ковалевский А.Л., Ковалевская О.М. Биогеохимия урановых месторождений и методические основы их поисков. Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО», 2010, 362 с.
7. Казимов М.А., Ахмедзаде Л. А. Особенности и гигиеническая оценка загрязнения почвы автотранспортными выбросами // Azərbaycan Tibb jurnalı, Bakı: 2006, №4, с.96-99.
8. Mayer T., Rochfort Q., Marsalek J. et al. Environmental characterization of surface runoff from three highway sites in Southern Ontario, Canada: 1. Chemistry // Water Quality Research Journal of Canada, 2011, vol. 46, №2, pp. 110-120.
9. Urushadze T., Ghambashidze G., Blum W., Mentler A. Soil Contamination with Heavy Metals in Imereti Region (Georgia) //Bull. Georg. Natl. Acad. Sci. 2007, vol. 175, №1, pp. 122-130.

10. Hu Y., Liu X., Bai J., Shih K., Zeng E., Cheng H. Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization. // Environ. Sci. Pollut. Res. 2013, №20, pp. 6150-6159.
11. Khalilova H. Kh., Mammadov V. A. Assessing the anthropogenic impact on heavy metal pollution in soils and sediments in urban areas of Azerbaijan's oil industrial region// Pol. J. Environ. Stud., 2016, vol. 25, № 1, pp. 159-166.
12. X. X. Халилова, В. А. Мамедов. Оценка загрязнения тяжелыми металлами донных отложений озера Бейюкшор в Апшеронском промышленном регионе Азербайджана.// Мат. Конференции «Сергеевские чтения: Инженерная геология и геоэкология, Фундаментальные проблемы и прикладные задачи». Москва: 2016, с.429-434.

РЕЗЮМЕ
ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ
Халилова Х. Х.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, экосистема, антропогенное воздействие, индекс загрязнения, экологический риск*

В статье рассматриваются вопросы негативного влияния загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами на экосистемы. Показаны методы вычисления индексов загрязнения почв и донных отложений тяжелыми металлами для оценки потенциального экологического риска на территориях, подверженных воздействию антропогенных источников. На основе результатов исследований по загрязнению почв такими токсичными металлами как As, Cd, Cr, Hg, Pb, Cu и Zn на территории магистральной дороги Баку-Мардакян были вычислены индексы загрязнения, а также вклад каждого металла в потенциальный экологический риск.

SUMMARY
THE ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON HEAVY METAL
POLLUTION OF THE ENVIRONMENT
Khalilova H. Kh.

Keywords: *heavy metals, ecosystem, anthropogenic impact, pollution index, ecological risk*

This paper discusses the issues of the negative impact of heavy metal pollution on ecosystem. The methods used to calculate both heavy metal pollution indexes and potential ecological risk in soils and sediments of the territories subjected to anthropogenic impact are provided. Based on the results of studies carried out on the pollution of soils by such toxic metals as As, Cd, Cr, Hg, Pb, Cu and Zn in the territory of Baku-Mardakan highway, the pollution indexes and potential ecological risk caused by individual metals were calculated.

Daxil olma tarixi: İlkin variant 10.04.2016
Son variant 27.09.2016

UOT 581.55

EFİRYAĞLI BİTKİNİN NÖVÜNƏ UYGUN ANTİFUNQAL AKTİVLİK

NAMAZOV NİZAMİ RZA oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent

e- mail: nizami.namazov63@gmail.com

Açar sözlər: fitopatogen, mikromiset, mikrobiota, deyteromiset, toksin, mikotoksikoz, allergiya, dominant növlərin rastgəlmə tezliyi, allergen və şərti patogen növlər.

Efiryağlı dərman bitkilərindən alınan efir yağları üzərində aparılan tədqiqatlar göstərir ki, bu maddələr nəinki bakterisid, eyni zamanda fungusid və protistosid təsirlərə malikdirlər. Lakin onların bu təsir gücü mənsub olduqları efiryağlı bitkinin növündən bilavasitə asılılıq nümayiş etdirir. Bu məqsədlə apardığımız tədqiqatların nəticələri bu fikri bir daha təsdiq edir. Belə ki, *Thymus rariflorus* C. Koch. və *Thymus transcaucasicus* Ronn. növlərindən alınan efir yağları, kif göbələklərinin fitopatogen hesab olunan bir çox növlərinin böyümə prosesi gedişində zəhərli maddələr əmələ gətirir. Eksperimentlər göstərir ki, bu maddələr fungitoksiki təsir etməklə göbələklərin böyümə prosesini ingibirləşdirir. Bu nöqtəyi-nəzərdən yuxarıda adları çəkilən kəklipotunu növlərindən alınan efir yağlarının miqdarı, komponent tərkibi, onların fiziki-kimyəvi xassələri tərəfimizdən tədqiq olunmuşdur.

Tədqiqatlar zamanı istifadə olunan bitki xammalları Azərbaycanın müxtəlif rayonlarından bu bitkilərin çiçəkləmə dövründə toplanmışdır. Məlum olmuşdur ki, *T. transcaucasicus* növündə efir yağının miqdarı 0,18-0,28% arasında variasiya edir. Lakin, *T. rariflorus* növündə isə efir yağının miqdarı 0,22-1,95% arasında olur. Digər efiryağlı bitkilərdən olan *Taurus nobilis*-də bu göstərici 0,7-1,5%, *Teucrium hircanicum*-də 0,7-0,14%, *Euphorbia amygdaloides*-də 0,6-1,6%, *Conium maculatum*-də 0,1%, *Salvia officinalis*-də 0,20-0,65%, *Artemisia lerchiana*-də 0,5-0,9%, *Euphorbia boissieriana*-də 1,4-1,9%, *Pimpinella peregrina*-də 0,53-0,83%, *Lepidotheca aurea*-də 0,7-0,15%, *Achillea filipendulina*-də 0,69-1,3%-ə bərabərdir.

Göründüyü kimi, efir yağının miqdarı bitkinin növündən asılı olaraq, müxtəlif kəmiyyətlərlə xarakterizə olunur. Eyni zamanda qeyd etmək lazımdır ki, efir yağının bitkidə olan miqdarı, onun dəniz səviyyəsindən hansı yüksəklikdə və ya dağ qurşağında bitməsindən də çox asılıdır. İrəli sürdüyümüz bu fikri bir növ efir yağlı bitki üzərində müqayisəli şəkildə analiz edib, təxminən digər efir yağlı bitkilərə də şamil etmək olar. Məsələn: *Thymus rariflorus* növündə hasil olunan efir yağının miqdarı dəniz səviyyəsindən aşağı dağ qurşağında 0,22%-ə, orta dağ qurşağında 1,22%-ə və yüksək dağ qurşağında 1,95%-ə bərabərdir. Belə bir analoji müqayisəni digər efir yağlı bitkilər üçün də aparmaq mümkündür.

Göründüyü kimi, efir yağlı bitki növünün bitdiyi ərazinin dəniz səviyyəsindən hansı yüksəklikdə olması, onun hansı qütbədə bitməsi, hansı növə mənsub olması bu və ya digər dərəcədə efir yağının sintezi prosesinə, konkret olaraq, onun hasil olunan miqdarına bilavasitə təsir göstərir. Bu isə dolayısı ilə yuxarıda adları çəkilən kəklipotunu növlərinin antifunqal aktivliyində də özünü qabarıq şəkildə göstərir. Məsələn, Naxçıvan MR-nın ərazisindən toplanılan kəklipotundan alınan ekstraktın antifunqal aktivliyi, Şərqi Gürcüstan ərazisindən toplanılan kəklipotundan alınan ekstraktın antifunqal aktivliyi ilə müqayisədə daha yüksəkdir. Başqa sözlə, Naxçıvan kəklipotusundan alınan sulu ekstrakt, Şərqi Gürcüstanda bitən kəklipotundan alınan sulu ekstraktla müqayisədə *Trichoderma lignorum* və *Fusarium oxysporium* göbələklərinin böyümə prosesinə daha güclü ingibitor təsir göstərir. Deməli, Naxçıvan kəklipotusunda sintez olunan efir yağının miqdarı çox olduğundan göbələklərin

böyümə prosesi zəifləyir. Əksinə, Gürcüstan kəklikotusunda efir yağının miqdarının aşağı olmasına görə, böyümə prosesinin orta sürəti göbələklərdə yüksələcəkdir.

Kəklikotunun müxtəlif növlərindən alınan efir yağlarının tədqiq olunan mikromisetlərin böyümə prosesinə təsiri öyrənilmiş və cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1

Efiryağlı *T. rariflorus* və *T. transcaucasicus* kəklikotu növlərinin *Trichoderma lignorum* və *Fusarium oxysporium* göbələklərinin böyümə prosesinə təsiri

Efiryağlı bitki növləri	Mikroskopik göbələk növləri	Efir yağı (%-lə)	Biokütlə (qr/l)
Thymus rariflorus L. – Nadirçiçəkli kəklikotu	Trichoderma lignorum	0,1	0
		0,3	0
		0,5	0
	Fusarium oxysporium	0,1	0
		0,3	0
		0,5	0
Thymus transcaucasicus Ronn. – Zaqafqaziya kəklikotusu	Trichoderma lignorum	0,1	0
		0,3	0
		0,5	0
	Fusarium oxysporium	0,1	0
		0,3	0
		0,5	0
Kontrol	Trichoderma lignorum	4,216	
	Fusarium oxysporium	4,502	

Alınan nəticələrin analizi sübut edir ki, mikroskopik göbələklərin böyüməsi ancaq kontrol variantda müşahidə olunur. Lakin, kəklikotundan alınan substratlarda becərilən göbələklərdə isə hər hansı bir böyümə göstəriciləri qeydə alınmadı. Çox maraqlıdır ki, kəklikotundan alınan efir yağlarının hətta zəif qatılıqlarında belə böyümə prosesi baş vermir, kontrol variantda *Fusarium oxysporium* göbələyinin kultural biokütləsi quru çəkiyə görə 4,502 q/l, *Trichoderma lignorum* isə 4,216 q/l təşkil edir. Deməli, belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, istər *T. rariflorus*, istərsə də *Thymus transcaucasicus* növlərindən alınan efir yağının hər hansı bir konsentrasiyası (0,1; 0,3 və 0,5%) , yuxarıda göstərilən göbələklərin böyümə prosesini ingibirləşdirir və fungusid xassə nümayiş etdirir.

Cədvəl 2

Müxtəlif ətirli-aromatik bitkilərin efir yağlarının göbələklərin antifunqal aktivliyinə təsiri

Göbələklər	Tədqiq olunan bitki növləri	Efir yağı (%-lə)	Biokütlə (qr/l)
Trichoderma lignorum	Taurus nobilis L. (Nəcib dəfnə)	0,5	1,76
		0,3	2,93
		0,1	3,30
	Artemisia annua L	0,5	0
		0,3	0
		0,1	İkişaf izləri
	Satureja hortensis L. (Bağ kəklikotusu)	0,5	0
		0,3	0
		0,1	0

Göbələklər	Tədqiq olunan bitki növləri	Efir yağı (%-lə)	Biokütlə (qr/l)
Fusarium oxysporium	Taurus nobilis L. (Nəcib dəfnə)	0,5	3,43
		0,3	3,01
		0,1	2,97
	Artemisia annua L	0,5	0
		0,3	0
		0,1	İkişaf izləri
	Satreja hortensis L. (Bağ kəklikotusu)	0,5	0
		0,3	0
		0,1	0
Trichoderma lignorum (kontrol)	Çapek qidalı mühiti	0	3,8
Fusarium oxysporium (kontrol)	Çapek qidalı mühiti	0	4,0

Cədvəl 2-də təsvir olunanlar göstəricilər əsasında aşağıdakı nəticələrə gəlmək olar:

1. Bağ kəklikotundan alınan efir yağı yüksək antifunqal aktivlik göstərir ki, bu da həm *T. lignorum*-un, həm də *F. oxysporium*-un böyümə prosesini tamamilə ləngidir. Bağ kəklikotundan alınan efir yağının bütün konsentrasiyaları belə bir inhibitor təsir nümayiş etdirir;

2. *Artemisia annua L.* bitkisindən alınan efir yağı da tədqiq olunan göbələklərin böyümə prosesinə inhibitor təsir göstərərək onların inkişafını demək olar ki, tamamilə dayandırır.

3. Dəfnə yarpaqlarından alınan efir yağları da demək olar ki, nəzərəçarpaq dərəcədə antimikotik təsir göstərməyərək, kontrol variantla müqayisədə, nisbətən göbələklərin böyümə prosesini zəiflədir.

Göründüyü kimi, efir yağlı bitkinin növ mənsubiyyətindən asılı olaraq nümayiş etdirdiyi antifunqal aktivliklər də müxtəlif olur.

Qeyd etmək lazımdır ki, adi kök (*Daucus carota L.*), *Dorema qlabrum Fisch. et C.A.Mey* və *Şərq zosiması (Zosima orientalis Hoffm.)* kimi bitkilərdən alınan efir yağlarının antifunqal aktivliyi digərlərindən fərqli xarakterə malik olmasa da aparılan tədqiqatlarda əldə edilən nəticələrdən biridir. Belə ki, bu bitkilərdən alınan efir yağları *T.lignorum*-a münasibətdə antifunqal aktivliyə malik olmur və *F.oxysporium*-un böyüməsini isə tamamilə dayandırır (cədv. 3), yəni seçici təsirə malik olur. Sonuncunun təhlükəli fitopatogenlərdən olmasını və *T.lignorum*-dan isə bioloji mübarizədə istifadə edildiyini nəzərə alsaq, onda qeyd edilən bitkilər yeni keyfiyyətli preparatların alınması üçün perspektivlər açaır.

Cədvəl 3

Bəzi bitkilərdən alınan sulu ekstraktların müxtəlif qatılıqlarının antifunqal aktivliyə təsiri

Göbələk	Qatılıq	Daucus carota	Dorema qlabrum	Zosima orientalis
		Biokütlə çıxımı(q/l)		
F.oxysporium	(1:10)	-	-	-
	(1:50)	-	-	-
	(1:100)	0,2	0,3	0,6
	kontrol	3,2		
T.lignorum	(1:10)	1,5	1,8	2,6
	(1:50)	1,7	2,1	2,8
	(1:100)	1,8	2,4	2,9
	kontrol	3,1		

ƏDƏBİYYAT

1. Hüseynov T.H., Namazov N.R., Seyidova G.A., Baxşəliyeva K.F., Əliyev İ.Ə. Şirquyruğu-Leonurus Cardiac bitkisinin bioekoloji xüsusiyyətləri və antifunqal aktivliyi. AMEA-nın Mikrobiologiya İnstitutunun elmi əsərləri. Bakı: Elm, 2011, c.9, N2, s.234-236.
2. Baxşəliyeva K.F., İbadullayeva S.C., Sultanova N.R., Namazov N.R. Azərbaycan florasına daxil olan bəzi ot bitkilərinin antifunqal aktivliyi. "Biokimyəvi nəzəriyyələrin aktual problemləri" mövzusunda II beynəlxalq konfransın materialları. Gəncə: 2011, s.50-53.
3. Əliyev M.İ., Hacıyev İ.A., Səfərova P.Ə., Ələsgərova Ə.N., İbrahimova S.İ. Artemisia L. cinsi növlərindən alınan efir yağlarının Culex pipiens molestus ağcaqanadına hürküdücü təsirinin öyrənilməsi. AMEA-nın Botanika İnstitutunun elmi əsərləri. Bakı, 2011, XXXI c., s.319-322.
4. İbadullayeva S.C., Cəfərli İ.Ə. Efir yağları və aromaterapiya. Bakı: Elm, 2007, 119 s.
5. İbadullayeva S.C., Talıbova F.Z., Zeynalova S.Q.- Kərəvüskimilərin bəzi növlərinin efir yağlarının antimikrob xüsusiyyətləri. AMEA-nın Mikrobiologiya İnstitutunun elmi əsərləri. Bakı: Elm, 2007, V c., s.63-65

РЕЗЮМЕ

АНТИФУНГАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ, СООТВЕТСТВУЮЩАЯ ВИДУ ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ

Намазов Н.Р.

Ключевые слова: фитопатоген, микромицет, микобиота, дейтеромицет, токсин, микотоксикоз, аллергия, частота встречаемости, доминантные виды, аллергенные и условно патогенные грибы.

В результате проведенных исследований и информации из литературы, выясняется, что растения с эфирными маслами являются одним из основных мест поселения микромицетов, в результате жизнедеятельности которых образуется ряд метоболитов, обладающих иногда большой токсичностью. Эти ядовитые вещества посредством мицелий грибов доходят до внутренних тканей растений, на которых поселяются. Поэтому необходимо исследовать микологическими методами видовой состав, развитие и распространение микобиот, поселяющихся на лекарственных растениях с эфирными маслами. С этой целью были исследованы микобиоты 68 видов лекарственных растений с эфирными маслами, входящих во флору Азербайджана.

SUMMARY

THE SPECIES PRESENCE FREQUENCY OF ETHER OILED PLANTS FORMING MICROBIOTAS

N.R.Namazov

Key words: *fytopatogen, mycomiset, mycobiota, deyteromiset, toksin, mycotocsikoz, allergy, the frequency of occurrence of dominant species, allergenic and conditionally pathogenic*

As a result of their life activities appear some kinds of metobolyt and some of them are strong toxic poisons. This poisonous substances get in to the tissues of their habitat plants through mitselils of funguses. So that the consistence of micobiotanin, their development and spread of ether oiled herbs should be researched. To this end 68 species of Azerbaijan pylorus ether oiled herbs. In this rigard, 68 kinds of ether oiled treating plants are researched which is including info pylorus of Azerbaijan.

Daxil olma tarixi: İlk variant 25.04.2016
Son variant 27.09.2016

UOT 621.382

KONSERVATİV MƏNTİQİ DÖVRƏLƏR ÜZRƏ FİZİKİ MODELƏR

MƏNSUROV QADİR MƏMMƏD oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent

e-mail: dr.ing.mansurov@mail.ru

Açar sözlər: konservativ məntiq, Fredkin ventili, Toffoli ventili, kvant halları, kvant biti.

Konservativ məntiq üzrə fiziki modellərin təhlili göstərir ki, kvant obyektlərin halının dəyişməsi əsasda yaradıla bilən kvant ventil elementlərdən istifadə etdikdə kod çevirmələri, mövcud üsullarla müqayisədə, daha yüksək tezliklərlə və daha az enerji itkisi ilə aparıla bilər.

Feynmama görə istənilən hesablama prosesi fiziki hadisədir [1]. Məsələn, qələmlə kağız üzərində iki ədədi bölmə əməli qələmin ucu ilə kağızın lifləri arasında qarşılıqlı təsirə uyğun fiziki və kimyəvi hadisədir. Kompüterin yaddaş yuvasında və yaxud registrində yerinə yetirilən kod çevirməsi klassik elektrodinamikanın qanunları əsasında baş verən fiziki prosesdir.

Kompüterin kod çevirmə məhsuldarlığı onun arxitekturasında istifadə olunan ventil elementlərinin ölçüsü və kompüterin takt tezliyi ilə qiymətləndirilir. Müasir kompüterlərdə istifadə olunan inteqral sxemlərdə ventilin ölçüsü $\sim 32nm$, mikroprosessorun takt tezliyi isə $\sim 3HHs$ təşkil edir. Fiziki olaraq, elementin ölçüsü atomun ölçüsü ilə, takt tezliyi isə enerji səviyyələri arasında olan keçid müddəti ilə məhduddur. Ventilin ölçüsünün azaldılması istiqamətdə araşdırmalar aparılsa da, takt tezliyinin yüksəldilməsi enerji sərfi ilə bağlı müəyyən problem yaradır. Problemin mahiyyəti aşağıdakı kimidir:

Mikroprosessorada kod çevirməsi məntiq elementləri vasitəsi ilə yerinə yetirilir və hesablama nəticəsi yenilənmiş kod kombinasiyası şəklində təsvir olunur. Ən çox istifadə olunan *NAND* elementi iki girişə və bir çıxışa malikdir. Çıxış siqnalı əsasda giriş siqnalları birqiyəmətli təyin oluna bilinmədiyindən informasiya itkisi labüddür. Bu ona bənzəyir ki, iki tam ədədin hasilini, məsələn $3 \times 4 = 12$ kimidirsə, yalnız nəticəyə görə hansı ədədlərin vurulduğunu təyin etmək mümkün deyil: $12 = 1 \times 12 = 6 \times 2 = 4 \times 3$.

Buradan belə bir nəticə alınır ki, hesablama prosesi (kod çevirməsi) dönən olmadıqda informasiya itkisi yaranır və proses fiziki olduğu üçün itən informasiya enerji şəklində ətraf mühitə ötürülür. Bir bit informasiyanın məhvi zamanı ayrılan enerji $E_{bit} = kT \ln 2$ kimi ifadə olunur [2,3].

Məsələn, $T = 300K$ temperatur üçün $E_{bit} \approx 0.017eV$ təşkil edir. İstifadə olunan $82mm^2$ ölçüyə malik mikroprosessorada ventil elementlərin $\sim 2 \cdot 10^9$ sayda, takt tezliyinin isə $\sim 3 \cdot 10^9 Hz$ olduğunu nəzərə alsaq, ayrılan güc $\sim 0.02Vt$ təşkil edir. Ventil strukturun rezistiv müqavimətində ayrılan güc də bura əlavə olunduqda ayrılan güc daha böyük olur. Tezliyin artması ayrılan gücü daha da artırır.

Qeyd olunanlardan belə nəticə alınır ki, mikroprosessorada kod çevirməsi üçün elə məntiqi sxemlərdən istifadə olunur ki, informasiya itkisi olmur, yəni çıxış siqnala görə təsiredici siqnallar birqiyəmətli təyin olunur, enerji itkisi azaldılır, kompüterin takt tezliyi və buna uyğun olaraq məhsuldarlığı artırıla bilər. Belə kompüterlə tam olmayan məsələlər həllini tapa bilər. Məsələn, verilmiş tam ədədin sadə vuruqlara ayrılması məsələsi polinomial müddətdə həllini tapa bilər.

İnformasiya itkisi ilə bağlı fiziki proses termodinamika baxımından belə izah olunur:

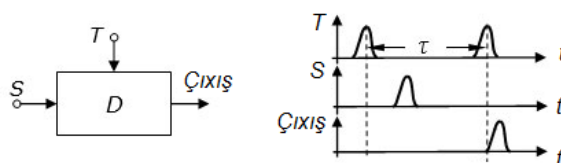
Entropiya qapalı sistemin halını birqiyəmətli təyin edən termodinamik funksiyadır. Dönən proses üçün qapalı sistemin entropiyası sabit qalır, dönməyən proses üçün isə artır. Hesablama

prosesində (kod çevirməsində) sistemin informasiya entropiyası azaldığından tam entropiyanın saxlanması üçün sistemin termodinamik entropiyasının artması labüddür. Deməli, kod çevirməsi üçün elə məntiqi qurğu istifadə olunmalıdır ki, yalnız informasiya çıxarıldıqda çevirmə baş versin və enerji sərf olunsun. Kod çevrilməsi zamanı enerji itkisinin olmamağı üçün çevirmə döənən olmalıdır, yəni məntiqi nəticəyə görə təklif bir mənalı olmalıdır. Bu isə o zaman mümkündür ki, kod çevrilməsi zamanı məntiqi sıfır və vahidlərin sayı dəyişməsin. Yalnız belə çevrilmə olduqda kompüter reversiv olur (aralıq informasiyanı pozmaqla itirilən enerji mənbəyə qaytarılır). Belə kompüter konservativ xassəyə malik olur [4].

Konservativ məntiq kod çevirmələrinin aparılması üzrə təklif olunan riyazi modellərdən biridir. Bu model fizikanın fundamental qanunlarına əsaslanır. Modeldə dinamik saxlanma qanunlarından və proseslərin döənən olmağı prinsipindən istifadə olunur. Modelin tərtib olunmasında Fredkin ventilinə və təkrarlayıcı elementin xassələrindən istifadə olunur [5].

Təkrarlayıcı (unit wire) girişinə verilən siqnalı bir takt müddətdə ləngidən və çıxışında təkrarlayan qurğuya deyilir [6].

Təkrarlayıcının çıxışı girişi ilə qapandıqda o, siqnalı mühafizə xassəsinə də malik olur. Təkrarlayıcının əsas funksiyası siqnalın ötürülməsini takt generatorunun impulsları vasitəsi ilə sinxronlaşdırmaqdan ibarətdir. Təkrarlayıcı bloka uyğun zaman diaqramı şəkil 1-də göstərilmişdir. Şəkil 1-də təkrarlayıcı D-bloku kimi göstərilib. Onun S-girişinə siqnal impulsu, T-girişinə isə takt impulsu təsir göstərir. T- və S- impulslarının eyni zamanda təsir göstərməməyi üçün takt impulsunun τ -təkrarlanma müddəti elə götürülür ki, onun qiyməti təsiredici S- siqnalının iki ardıcıl elementdən ötürülmə müddətindən böyük olsun.



Şəkil 1. Təkrarlayıcı blok və zaman diaqramı.

S-siqnalı takt impulsu ərzində istənilən anda təsir göstərə bilər. Bu səbəbdən, qurğunun sxemi elə tərtib olunur ki, yalnız növbəti takt impulsu təsir göstərdikdə siqnal çıxışa ötürülür. Onda təkrarlayıcı elementin ifadə etdiyi funksiya belə təsvir olunur:

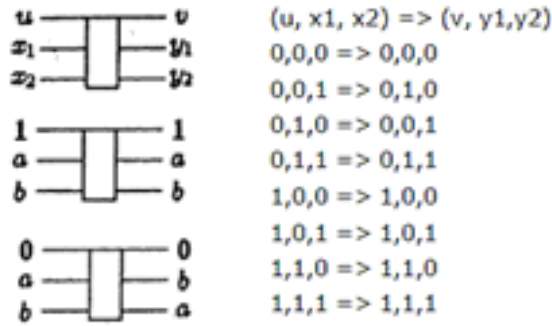
$$x^t \longrightarrow y^t = x^{t-1}$$

Qeyd edək ki, məntiqi sxemlərin işləməsinin takt tezliyi 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 döənən fiziki proses əsasında yaradılsa, enerji itkisi olmadan əks proseslə ilkin vəziyyətə qaytarıla bilər.

Fredkin ventili üç girişə və üç çıxışa malik məntiqi qurğudur. Girişlərdən biri idarəedicilə adlanır və onun siqnalı olduğu kimi çıxışa ötürülür. Digər iki girişin ötürülməsi isə idarəedicinin siqnalından asılıdır. Belə ki, idarəedicinin siqnalı məntiqi "1" olduqda hər iki giriş olduğu kimi ötürülür, məntiqi "0" olduqda isə çarpaz dəyişdirilərək ötürülür.

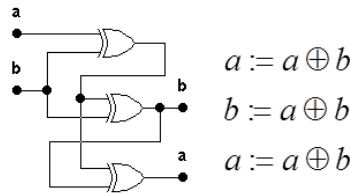
Fredkin ventilinə sxematik təsviri və məntiqinin həqiqilik cədvəli şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 2. Fredkin ventilinın məntiqi sxemi və həqiqilik cədvəli

Təsvirdən və həqiqilik cədvəliyindən görüldüyü kimi, ventilin çıxışının məntiqi nəticəsi onun giriş məntiqini birqiymətli təyin etməyə imkan verir. Fredkin ventili döənən prosesə uyğun qurğudur, qurğuda döənən fiziki proses istifadə olunarsa enerji itkisi minimum olar və ventil daha yüksək tezliklərdə istifadə oluna bilər.

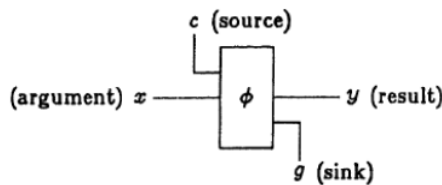
Fredkin ventilyində siqnalın çarpaz dəyişdirilməsi əməli məntiqi xor elementindən istifadə olunmaqla da icra oluna bilər. Bu element konservativliyi təmin edir. Yaddaşdan istifadə edilmədən xor elementi əsasında çarpaz dəyişmənin məntiqi sxemi və uyğun ifadələri şəkil 3-də verilmişdir.



Şəkil 3. Çarpaz dəyişdirmə əməlinin məntiqi sxemi və alqoritmi

Təkrarlayıcının və Fredkin ventilinın məntiqindən görüldüyü kimi, onlar əsasında yaradılan konservativ məntiqi sxemlər siqnal istiqamətləndiricisi funksiyasını yerinə yetirirlər. Giriş siqnalları çıxışa şərtlə istiqamətləndirilir. Çıxış siqnalları bir takt əvvəlki giriş siqnallarının şərtə uyğun yerinin dəyişdirilməsinin nəticəsidir. Sxemin 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.

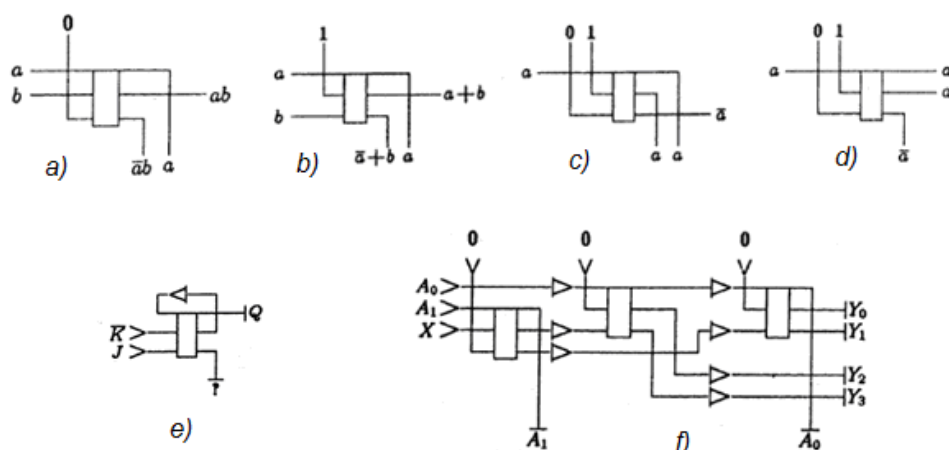
Konservativ məntiqlə reallaşdırılan məntiqi əməl funksiyalarının hesablama bloku şəkil 4-də təsvir edildiyi kimidir.



Şəkil 4. Konservativ məntiqi əməl funksiyası bloku

Şəkil 4-də təsvir olunan hesablama blokundan görüldüyü kimi, nəticə çıxışından (y -result) əlavə, sonrakı bloklarda istifadə olunmayan və yığım (g -sink) adlanan hesablama nəticəsi də mövcuddur. Bu nəticədən hesablamanı tərsinə çevirmək üçün, hesablama prosesini döənən etmək üçün istifadə oluna bilər.

Fredkin ventili vasitəsi ilə məntiqi funksiyaların və qurğuların reallaşdırılmasınının təsviri bloklarından nümunələr şəkil 5-də verilmişdir.



Şəkil 5. Konservativ məntiqi blok və sxem nümunələri

Yaddaş kimi istifadə olunan JK-trigger sxemi şəkil 5, e-də, X - siqnalını (A_0, A_1)-ünvanı ilə təyin olunan Y_i - çıxışlardan birinə göndərilməsi məntiqini icra edən demultiplexor qurğusunun konservativ məntiqi sxemi isə şəkil 5, f-də təsvir edilmişdir. Təsvirlər [6] mənbəyindən götürülmüşdür.

Hesablama prosesi üçün hansı vasitənin və yaxud hansı fiziki prinsipin seçilməsindən asılı olmayaraq, onun icrasının məntiqi nəticəsi dəyişməz qalmalıdır. Məsələn, məntiqə görə hesablama obyektinin halının dəyişməsinə aiddirsə, bu obyekt eyni zamanda iki məkanda ola bilməz, yaxud da obyektin ölçüsü hər hansı qiymətdən eyni zamanda kiçik və böyük ola bilməz.

Qeyd olunan hesablama məntiqi kvant obyektlərinin halı ilə uyğunluq təşkil etmir. Buna səbəb kvant obyektinin koordinatının və sürətinin eyni zamanda dəqiq ölçülməsində qeyri-müəyyənliyin olmasıdır. Kvant obyektlər üçün xarakterik olan bu hal Heyzenberqin qeyri-müəyyənlik prinsipi adlanır və belə ifadə olunur: $\Delta x \cdot \Delta p > \frac{h}{m}$.

İfadədə Δx və Δp koordinatın və sürətin ölçülməsinin dəqiqliyi (qeyri-müəyyənliyi), m – kvant zərrəciyinin kütləsi, h – Plank sabitidir.

Aparılan təcrübələr də sübut edir ki, kvant zərrəciyinin koordinatı və bu koordinatda olma anı ehtimalı kəmiyyətlərdir. Bu səbəbdən, klassik elektrodinamikanın prinsipləri əsasında işləyən kompüterlə kvant obyektlərinin halının dəyişməsi hesablanarkən hesablamanın çətinliyi artır.

Məsələn: klassik obyektin verilmiş zaman və koordinatda halını qiymətləndirmək üçün yalnız onun hansı koordinatdan çıxdığını və hansı trayektoriya ilə hərəkət etdiyini bilmək kifayət olduğu halda, kvant obyektini üçün bütün mümkün koordinatlar və trayektoriyalar, obyektin əvvəlki zamanda halları, saxlanma qanunlarından bu və ya digər dərəcədə kənara çıxmalar da nəzərə alınmalıdır.

Nəzərə alsaq ki, kvant fizikası klassik fizikaya nəzərən daha ümumdür, onda kompüterin işləmə məntiqinin də kvant obyektlərinin halına uyğun olması və kod çevirmələrinin kvant hallara uyğun yaddaş yuvalarında aparılması daha məqsəduyğun olar [7].

Digər tərəfdən, kvant halları ehtimal olunan və dönən proseslər olduğundan, hallara uyğun çevirmələr unitar (enerji sərf olunmur) olduğundan, çevirmə prosesində superpozisiya pozulmadığından informasiyanın emalı, ötürülməsi və mühafizəsində kvant proseslər əsasında reallaşdırılan konservativ məntiqdən istifadə daha əlverişli olur.

Məsələn: tutaq ki, sistemin iki halı mümkündür. Sistem makroskopik obyekt olduqda hallar sərbəstdir və onların qarşılıqlı təsiri özünü göstərmir. Halın biri məntiqi vahid, digəri isə məntiqi sıfır kimi qəbul oluna bilər və hesablama prosesi bu məntiqə uyğun aparılır. Klassik kompüterlərin işi makroskopik obyektlərə uyğun asılı olmayan hallara əsaslanır. Hər bir hal bir

bit adlanır və bitlər ardıcılığı ilə informasiya kodlaşdırılır. Bitlərin sayı informasiyanın miqdar ölçüsü olur.

Sistem mikroskopik obyekt olduqda isə kvant effektlər üzə çıxır. İki halın superpozisiyası nəticəsində sistemin sonsuz sayda mümkün halları olur. Kvant obyektinin halları kvant biti (q -bit) adlanır və klassik bitlərdən fərqli olaraq, məntiqi sıfır və məntiqi vahid vektorlarının superpozisiyası kimi ifadə olunur:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle.$$

Burada, α, β - kompleks ədədlərdir və $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$ normallaşma şərtini ödəyir. Bu ifadə onu göstərir ki, sistem $|\alpha|^2$ ehtimalla $|0\rangle$, $1 - |\alpha|^2$ ehtimalla $|1\rangle$ haldadır. Əgər, $|\alpha|^2 = 1$ olarsa, sistem $|0\rangle$, $|\alpha|^2 = 0$ olarsa, sistem $|1\rangle$ haldadır.

Kvant hallar üçün qeyd olunan vektorial təsvir matris formada aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$|0\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad |1\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad |\psi\rangle = \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix}$$

Kvant halları çevirən qurğu kvant ventili adlanır. Kvant ventili təsiredici $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ - kvant bitini A - çevirmə xarakteristikasına uyğun $|\chi\rangle = \gamma|0\rangle + \delta|1\rangle$ - reaksiya kvant bitinə çevirir.

Çevirmə $A|\psi\rangle = |\chi\rangle$ kimi ifadə olunur. Kvant ventilin əsas xassəsi çevirmənin unitar, xətti və dönən olmasıdır.

Kvant ventilinə və çevirmə prosesini matris formada təsvir etmək daha əlverişlidir:

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma \\ \delta \end{pmatrix}$$

Burada, $A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ - kvant ventilin matrisidir.

Məsələn: *NOT* kvant ventili üçün unitar matris $NOT = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ kimidir.

Göründüyü kimi, $NOT(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) = \beta|0\rangle + \alpha|1\rangle$, yəni *NOT* ventili kvant halların yerini dəyişdirir.

İki kvant bitə malik kvant ventili *CNOT* (nəzarətədcisi invertor) əsas kvant ventillərdən biri hesab olunur və məntiqi aşağıdakı kimidir:

$$|00\rangle \rightarrow |00\rangle, \quad |01\rangle \rightarrow |01\rangle,$$

$$|10\rangle \rightarrow |11\rangle, \quad |11\rangle \rightarrow |10\rangle.$$

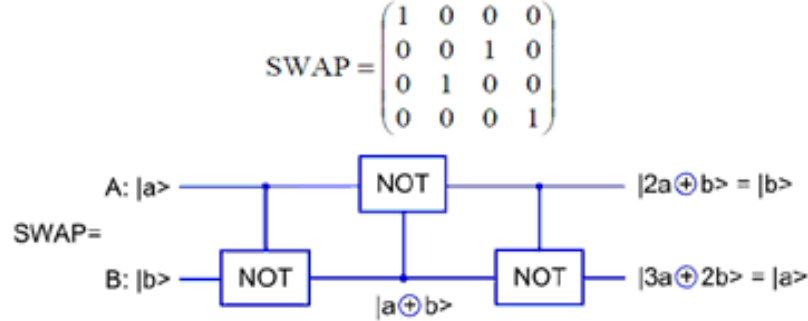
Məntiqə uyğun olaraq *CNOT* ventili aşağıdakı çevirmə əməlini yerinə yetirir:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \\ \delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ \delta \\ \gamma \end{pmatrix}$$

Çevirmə əməlinə görə görünüyü kimi, $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ kvant biti nəzarətədcisi, $|\chi\rangle = \gamma|0\rangle + \delta|1\rangle$ kvant biti isə nəzarət olunandır. Nəzarət olunan üzərində o zaman *NOT* əməli icra olunur ki, birinci kvant bit $|1\rangle$ olsun.

NOT və *CNOT* kvant ventilləri əsasında digər kvant operatorları sintez olunur. Məsələn, iki kvant bitinin hallarını qarşılıqlı dəyişdirən *SWAP* operatoru üç ardıcıl *CNOT* əməli ilə reallaşdırıla bilər.

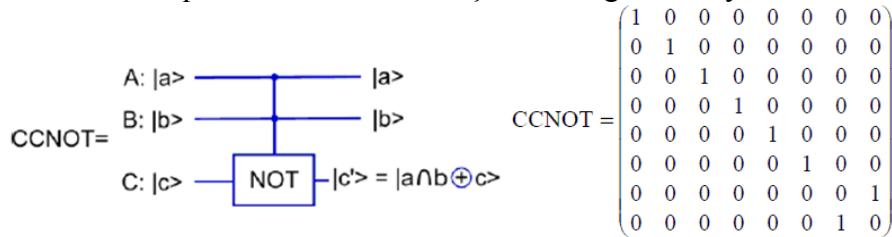
SWAP operatoruna uyğun matrisin və əməlin təsviri şəkil 6-da göstərildiyi kimidir [8].



Şəkil 6. *SWAP* kvant operatoru

Üç kvant bitindən təşkil olunan Toffoli ventili (*CCNOT*) iki idarəedici (*A* və *B*) və bir idarəolunan (*C*) kvant bitinə malik qurğudur.

Toffoli ventilinin məntiqinin təsviri və matrisi şəkil 7-də göstərildiyi kimidir:



Şəkil 7. Toffoli ventili (*CCNOT*): məntiqi və matrisi.

Ədəbiyyatlarda qeyd olunur ki, *NOT* və *CNOT* ventilləri *CCNOT* ventillərinin xüsusi hallarıdır [9].

İki kvant halı olan fiziki sistemlərə aşağıdakılar nümunə ola bilər:

- Spini $\frac{1}{2}$ olan zərrəciyin (məsələn: elektronun) spininin proyeksiyasının maqnit sahəsində antiparalel yönələn iki kvant halı;
- Atomun enerji səviyyəsinin iki kvant halı;
- Fotonun qarşılıqlı perpendikulyar polyarlaşmış iki halı;
- İfrat keçirici mühitdə elektronun qoşalaşmış (Kuper elektronları) və xarici təsirlə parçalanmış iki halı 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 bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olurlar. 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 [10,11].

Kvant paralelizmi əsasında tərtib olunan alqoritm kvant alqoritm adlanır. Kvant alqoritmə uyğun kod çevirmələri kvant registrləri ilə icra olunduqda kvant informasiyası çevrilməsi prosesi olur. Adi kod çevirmələri ilə müqayisədə kvant kod çevirməsi prosesinde kvant halları superpozisiyasından da istifadə olunduğundan çevrilmənin sürəti bir neçə tərtib yüksəlir ki, bu da tam olmayan məsələlərin həllinin polinomial müddətdə tapılmasına imkan yaradır.

Nümunə kimi, kvant registrlərlə reallaşdırıla bilən Şor alqoritmini [12] və Grover alqoritmini [13] göstərmək olar.

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

ƏDƏBİYYAT

1. Feynman R. P. Simulating physics with computers. International Journal of Theoretical Physics, 21(6/7):467-488, 1982.
2. Rolf Landauer. Fundamental physical limitations of the computational process. Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 426, pages 161-170; 1985.
3. Bennett C.H. Notes on the history of reversible computation. IBM J. of Res. & Dev., 1988, v.32, Num.1, pp.16-23.
4. Charles H. Bennett. The thermodynamics of computation - a review. International Journal of Theoretical Physics, Vol. 21, No. 12, pages 905-940; December, 1982.
5. Edward Fredkin and Tommaso Toffoli. Conservative logic. International Journal of Theoretical Physics, Vol. 21, Nos. 3/4, pages 219-253; April, 1982.
6. <http://www.intuit.ru/studies/courses/12176/1169/lecture/24917?page=2>
7. <http://habrahabr.ru/post/113332/>
8. *Валиев К.А.* Квантовые компьютеры: надежды и реальность / К.А.Валиев, А.А.Кокин. Ижевск: РХД. 2001. 352 с.
9. *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.
10. Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления // УФН, 2005. том 175, №1. стр.3-39.
11. *Нильсен М.* Квантовые вычисления и квантовая информация / М. Нильсен, И. Чанг. Пер. с англ. М.: Мир. 2006. 824 с.
12. Shor P. Polynomial-time algorithms for prime factorization and discrete logarithms on a quantum computer / P. Shor // SIAM J. on Computing, 1997. V.26, №5. p.1484-1509.
13. Grover L. A fast quantum mechanical algorithm for database search / L.Grover // Proc. of 28 th STOC, 1996. P.Philadelphia PA USA, 1996. p.212-219.

РЕЗЮМЕ

ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОНСЕРВАТИВНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Мансуров Г.М.

Ключевые слова: Консервативная логика, вентиль Фредкина, вентиль Тoffоли, квантовое состояние, квантовый бит.

Из анализа физических моделей консервативной логики, выясняется, что по сравнению с существующими способами использования квантовых вентильных элементов, созданных на основе изменения состояния квантовых объектов, преобразования кода могут осуществляться на больших частотах с меньшими потерями энергии.

SUMMARY

PHYSICAL MODELS OF CONSERVATIVE LOGIC CIRCUITS

Mansurov G.M.

Keywords: Conservative logic, Fredkin gate, Toffoli gate, quantum state, quantum bit

From the analysis of physical models of the conservative logic shows that compared existing methods, using quantum valve elements that are based on changes in the state of quantum objects, code conversion can be performed at high frequencies lower energy losses.

Daxil olma tarixi: İlk variant 07.04.2016
Son variant 27.09.2016

UOT 681.518

ROBOTLARIN VƏ ONLARIN ƏSASINDA ÇEVİK İSTEHSALLARIN İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİNİN ANALİZİ VƏ TƏTBİQ SAHƏLƏRİNİN TƏYİNİ

¹ƏHMƏDOV MƏHƏMMƏD AYDIN oğlu

²DÖVLƏTZADƏ AYNURƏ ƏHMƏDAĞA qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti: 1-professor, 1-doktorant

e-mail: sdu.elmihisse@mail.ru

Açar sözlər: Robot, idarəetmə, çevik istehsal sistemi, süni intellekt, adaptiv.

Robotların idarəetmə sistemlərini (İS) müxtəlif əlamətlərə görə təsnif edirlər: qurğuların tərkibi və növləri; idarəetmənin keyfiyyəti; hərəkət trayektoriyasının növü və s. [1]. Eyni zamanda idarəetmə prosesini xarakterizə edən ümumi əlamətlər də mövcuddur, xüsusən də idarəetmə üsuluna görə. Bu halda insanın robotun idarə edilməsində iştirakına görə insan-maşın və avtomatik İS-nə bölürlər.

İnsan-maşın İS öz növbəsində iki üsulla realizə olunur: distansiyalı İS və interaktiv İS. Distansiyalı İS idarəetmə üsuluna görə üç formada realizə olunur: komandalarla İS; insanın müxtəlif orqanlarının funksiyalarını yamsılama İS; yarımavtomat İS.

İnteraktiv İS idarəetmə üsuluna görə aşağıdakı kimi təsnif edilir: avtomatlaşdırılmış interaktiv İS; supervizor interaktiv İS; dioloq interaktiv İS.

Avtomatlaşdırılmış interaktiv İS-də fəaliyyət sferasının az hissəsi avtomatik şəkildə robot tərəfindən yerinə yetirilir. Fəaliyyət sferasının digər hissəsi isə operatora həvalə olunur.

Supervizor interaktiv İS-də robotun fəaliyyət sferasındakı vəziyyəti müşahidə edən operator situasiyalara uyğun məqsədyönlü komandalarla tələb olunan proqramları aktivləşdirir və növbəti komandalar daxil olana qədər robot avtomatik rejimdə fəaliyyət göstərir.

Dioloq interaktiv İS-in supervizor interaktiv İS-dən fərqi ondadır ki, 2-ci halda robot ancaq komandaları yerinə yetirmir, eyni zamanda real vəziyyətin aşkarlanmasında və qərar qəbul etmədə operatora köməklik göstərir.

İnsan-maşın İS robot texnikasının yaradılmasının ilkin mərhələsində elmi-tədqiqat işlərinin yerinə yetirilməsində, xüsusən də, kosmik tədqiqatlarda, insan orqanizmi üçün təhlükəli mühitlərdə yeraltı şaxtalarda, dəniz və okean sularının dərinliklərində və s. istifadə olunan robotların idarə edilməsində geniş tətbiq sahəsi tapmışdır.

Avtomatik İS idarəetmə metoduna görə aşağıdakı kimi təsnif edilir: proqramla İS: adaptiv İS və intellektual İS.

Robotların avtomatik İS-in yaradılması elm və texnikanın müxtəlif sahələrində, xüsusən də istehsal proseslərinin yeni avtomatlaşdırma vasitələrindən –mexatron qurğulardan, istifadə etməklə mexanikləşdirmə və avtomatlaşdırma məsələlərinin həlli tələbatları ilə aktuallaşdı.

Məlum olduğu kimi, keçən əsrin ortalarından başlayaraq komputer insanın əqli fəaliyyətinin müxtəlif funksiyalarını yerinə yetirən avtomatik və avtomatlaşdırılmış sistemlərin yaradılmasına səbəb oldu. Belə sistemlərə nümunə kimi istehsalın avtomatlaşdırılmış idarəedilməsi, texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmış idarəedilməsi, avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri və s. göstərmək olar. Təbii ki, bu sistemlərin yaradılması nəticəsində informasiya sektorunda çalışan insanların sayının artması labüddür. Digər tərəfdən istehsal proseslərinin mürəkkəbliyinin texnologiyaların inkişafında istifadə edilən yeni fiziki prinsiplərdən və texniki həllərdən asılılığı, eyni zamanda istehsal edilən məhsulun funksional imkanlarının və çeşidlərinin müxtəlifliyi istehsalın təşkilində yeni yanaşmaların tətbiqini tələb etdi. Bu da öz növbəsində istehsalın səmərəli layihələndirilməsi və istismarında tələb olunan biliklərin miqdarını daima yüksəldir və layihə edənlərin üzərinə düşən intellektual yükü artırır.

Vəziyyətdən çıxmağın əsas istiqaməti kimi istehsal prosesində işləyən insanların fiziki fəaliyyətinin müxtəlif funksiyalarını çevik şəkildə yerinə yetirə bilən avtomatların-sənaye robotlarının yaradılması və geniş tətbiqi vacib əhəmiyyət kəsb edir.

Göründüyü kimi avtomatlaşdırmanın inkişaf istiqamətləri ayrı-ayrılıqda iki sferada həyata keçirilirdi: informasiya emalının avtomatlaşdırılması (avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri-A İS və layihələndirilmənin avtomatlaşdırılmış sistemləri- LAS): istehsal texnologiyalarının avtomatlaşdırılması (rəqəm-proqram idarəli texnoloji avadanlıqlar, əsasən, EHM-dən istifadə etməklə, texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri-TPAİS, sənaye robotları-SR) [1].

Təcrübə göstərdi ki, adı çəkilən iki istiqamətdə avtomatlaşdırmanın bir-birindən ayrı, əlaqəsiz tətbiqi arzu olunan nəticələrə tam cavab vermir. Odur ki, keçən əsrin 80-ci illərindən etibarən hər iki sferadakı avtomatlaşdırma istiqamətlərinin inteqrasiyasına başlandı və yeni təyinatlı çevik istehsal sistemlərinin yaradılmasını aktuallaşdırdı.

ÇİS-in yaradılması bir neçə mərhələlərdə həyata keçirilmişdir.

Birinci mərhələ: ÇİS-in yaradılmasının baza prinsiplərinin işlənməsi və yoxlanması. Bu mərhələnin nəticəsi kimi sənaye robotlarının, emal mərkəzlərinin, mikroprosessorlu idarəetmə sistemlərinin, avtomatlaşdırılmış işçi yerlərinin (layihələndiricinin) və b. mexatron qurğuların yaradılmasını göstərmək olar.

Həmin dövrdə yaradılmış yeni avtomatlaşdırma vasitələrinin idarə edilməsi üçün lokal proqramla idarəetmə sistemləri istifadə edilirdi [3,4,5]. Bu növ İS xüsusişdirilmiş təyinatlı olduğundan digər qurğularda istifadə oluna bilmirdi, yəni universalığa malik deyildilər. ÇİS-in yaradılmasının ikinci mərhələsi keçən əsrin 80-ci illərini əhatə edir. Bu dövrdə istehsal proseslərinin lokal-kompleks şəkildə avtomatlaşdırılması, yəni element texnikası və texnologiyasının işlənməsi həyata keçirilir. Beləliklə robototexniki komplekslər, çevik modullar, xətlər və sahələrin yaradılması və tətbiqi məsələlərinin həlli aktuallaşdı. Göstərilən obyektlərin tətbiqi iki istiqamətdə yerinə yetirilirdi: yeni avtomatlaşdırma vasitələri ilə yaradılan çevik istehsalların fəaliyyətdə olan müəssisələrin texnoloji proseslərində və yeni layihələndirilən istehsallarda. İlkin yanaşmada birinci istiqamət perspektivli hesab edilirdi. Bu nöqteyi -nəzərdən çevik istehsalatın İS-in yaradılmasında da fərqli yanaşmalardan istifadə olunurdu.

ÇİS-in qurulma prinsipləri, onların fəaliyyətlərinin məqsədləri və fəaliyyət sferaları, onların baza elementləri kimi mexatron qurğularından, xüsusən də, robotlardan istifadə edilməsi, robotların İS-in klassik təsnifatında da əhəmiyyətli dəyişikliyə səbəb oldu. Bu onunla əlaqədardır ki, ÇİS-in qurulmasında bir qayda olaraq robotların avtomatik İS-dən istifadə etmək tələb olunurdu. Odur ki, robotların İS-in hansı meyarla təsnif olunmasına baxmayaraq, robotların üç nəslə görə təsnifatı aktuallaşdı: birinci nəsil proqramla idarə olunan robotlar; texniki hissiyyat elementləri ilə təchiz edilmiş ikinci nəsil robotlar və süni intellekt elementləri ilə təchiz edilmiş üçüncü nəsl adaptiv və intellektual robotlar.

Ümumiyyətlə, avtomatik İS ilə idarə olunan robotlar aşağıdakı beş növ xarakteristikaya görə bir-birindən fərqlənirlər [1]: robotun hərəkət trayektoriyası; idarə tsikli; idarəetmə qanununun sintezi üçün informasiya mənbəyi; idarəetmə alqoritmi və İS-in proqramlaşdırma üsulu.

Proqramla idarə olunan robotlar əvvəlcədən məlum olan ardıcılıqla fəaliyyət göstərir və sərt proqramla idarə olunur. Bu halda proqram idarə qurğusunun yaddaşında saxlanılır. Proqram tələb olunduqda robotun yeni şəraitdə fəaliyyəti üçün yeniləşdirilmə qabiliyyətinə malikdir. Proqramla idarə olunan robotlar sadə konstruktiv keyfiyyətlərinə görə monoton-tsiklik əməliyyatların yerinə yetirilməsində, xüsusən də, bir çox hallarda yeni şəraitə sazlanmaq tələb olunmayan proseslərin robotlaşdırılmasında geniş tətbiq sahələrinə malik idi. Bu növ robotlar sonrakı mərhələlərdə də sadəliklərinə görə təkmilləşdirilərək tətbiq olunur. Birinci nəsil proqramla idarə edilən robotların əsas çatışmayan cəhəti texnoloji mühitin onların fəaliyyətini

təmin etmək üçün uyğunlaşdırılmasını tələb etməsidir. Proqramla idarə sistemləri tsikli, mövqeli və konturlu olmaqla realizə olunur.

Tsiklli İS robotun diskret hərəkət trayektoriyasını realizə edir. Bu növ proqramla İS aşağıdakı əsas xarakteristikaya malikdir: hərəkət trayektoriyasına görə diskret; idarə tsiklinə görə açıq; informasiya mənbəyinə görə iki kənar vəziyyətdə olan açarlar, mexaniki uporlar; idarə alqoritminə görə tsikloqram; proqramlaşdırmaya görə fiziki sazlanma və assembler maşın kodu.

Ümumi şəkildə tsikli proqramla idarəetmə qurğusunun tərkibinə daxildir: idarəedici-hesablayıcı modul, proqramdaşıyıcı, robotla və texnoloji avadanlıqla əlaqə bloku, idarəetmə paneli və robotun öyrədilməsinin əllə idarəetmə qurğusu.

Tsiklli İS-in əsasını idarəedici-hesablayıcı modul təşkil edir. Bu modulun əsas funksiyası tələb olunan alqoritmə uyğun mikro əməliyyatların idarəedici impulslarının formalaşdırılmasıdır. Odur ki, tsikli İS məhz həmin modulun element bazasının təkmilləşdirilməsi və inkişafı ilə müxtəlif təyinatlı obyektlərdə tətbiq sahələri tapmışdır [5,6,8]. Bu məqsədlə müxtəlif təyinatlı robotların idarə edilməsi üçün xüsusiləşdirilmiş unifikasiyalı tsikli İS, mikroprosessorlu tsikli idarəetmə qurğuları və s. robot texnikasının geniş şəkildə tətbiqinin səmərəliliyini daha da yüksəltdi [7,9].

Göstəriləni kimi, tsikli İS-də robotun hərəkət trayektoriyası onun manipulyatorunun kənar vəziyyətində quraşdırılmış mexaniki uporlar və ya kontaktlı ikivəziyyətli açarlarla məhdudlaşır. Odur ki, manipulyatorun işçi zonasının bütün mövqələrinin tam identifikasiyası mümkün olmur. Bu isə tsikli İS-in əsas çatışmayan cəhətidir.

Tsiklli İS-dən fərqli olaraq, mövqeli İS robotun hərəkətinin kvazifasiləsiz trayektoriyasını təmin edir. Bu o deməkdir ki, əslində, hərəkət trayektoriyası fasiləsizdir, ancaq manipulyator fasiləsiz funksiyanın diskret qiymətlərində olmaqla fəaliyyət göstərir. Fasiləsiz funksiyanın (hərəkət trayektoriyasını ifadə edən) diskret qiymətlərinin sayı mövqeli İS-in imkanları ilə məhdudlaşır və adətən, yüzlərlə mövqələrdən ibarət olur.

Mövqeli İS aşağıdakı əsas xarakteristikaya malikdir: manipulyatorun hərəkət trayektoriyasına görə kvazifasiləsiz; idarə tsiklinə görə açıq-qapalı; informasiya mənbəyinə görə vəziyyət və hərəkət mövqələrindəki sürət vericiləri; alqoritmə görə interpolyasiya qanunu və tsikloqram; proqramlaşdırmaya görə öyrətmə, maşın kodu.

Mövqeli İS-də manipulyatorun idarə tsikli mövqe nöqtələrində qapalıdır və mövqe nöqtələri arasında hərəkət zamanı isə açıqdır. Mövqeli-konturlu İS-də robotun hər bir manqası mütləq şəkildə vəziyyət vericiləri ilə təchiz edilir.

Mövqeli İS-də manqaların məntiqi ardıcılıqla hərəkətini təmin etməklə bərabər, mövqe nöqtələri arasındakı hərəkətini təmin edən interpolyasiya qanunu da realizə edilməlidir.

Mövqeli-konturlu İS-də proqramlaşdırma birbaşa öyrətmə rejimində maşın kodlarından və ya yüksək səviyyəli proqramlaşdırma dillərindən istifadə etməklə həyata keçirilir.

Konturlu İS aşağıdakı əsas xarakteristikaya malikdir: robotun hərəkət trayektoriyasının fasiləsizliyini təmin edir, yəni robotun işçi zonasının istənilən nöqtəsində hərəkəti yerinə yetirir; idarə tsiklinə görə robotun manqalarının dinamik vəziyyəti barədə daxili informasiyaya görə qapalıdır: idarə alqoritmə robotun dinamikasını təsvir edən diferensial tənliklərin həlli nəticəsində həyata keçirilir.

Robotların proqramla İS-in analizini ümumiləşdirərək aşağıdakı əsas nəticələri göstərmək olar:

1. Tsikli proqramla İS-li robotlar insanın fiziki qabiliyyətlərini yüksəldən avtomatik və avtomatlaşdırılmış sistemlərin müasir avtomatlaşdırma vasitələrindən istifadə etməklə yaradılmasının başlanğıcına start verdi.

2. Tsikli proqramla İS robotların tətbiqi mövcud texnoloji xətlərlə təchiz edilmiş istehsallarda insanı monoton təkrarlanan və insan orqanizmi üçün psixoloji və fiziki cəhətdən yorucu olan funksiyaları yerinə yetirməkdən qismən azad etdi.

3. Tsiklii proqramla İS-in robotların təhlükəli və zərərli mühitlərdə fərdi şəkildə tətbiqi mürəkkəb olmayan proseslərin robotlaşdırılmasını aktualaşdırdı.

4. Tsiklii proqramla İS robotların müxtəlif xarakterli proseslərin robotlaşdırılmasında istifadə edilməsi onların İS-in təkmilləşdirilməsi və inkişafında xüsusi rol oynadı. Belə ki, onların idarəedilməsində yeni, istehsal proseslərinin tələbatlarını yerinə yetirən xüsusişədirilmiş, çox təyinatlı və unifikasiyalı İS-lər yaradıldı və tətbiq sahələri tapıldı.

5. Mikroprosessorlu proqramla İS-in yaradılması tsiklii İS robotların tətbiq sahələrini və funksional imkanlarını daha da genişləndirdi.

6. Qeyd olunduğu kimi, tsiklii İS robotların tətbiqində əsas çatışmayan xüsusiyyət onların istifadə olunduqları texnoloji proseslərin robotların fəaliyyət sferasına uyğunlaşdırılmasını tələb etməsidir. Digər çatışmayan cəhəti ondadır ki, onların yeni nomenklaturalı məhsulların istehsalına sazlanması insan tərəfindən əllə və yaxud yarımavtomatlaşdırma rejimlərində yerinə yetirilir ki, bu da öz növbəsində nisbətən çox vaxt tələb etməklə faydalı iş vaxtını qısaldır.

7. Tsiklii proqramla İS robotların manipulyatorlarının işçi zonaları onların vəziyyətlərinin kənar düyün nöqtələrində məhdudlaşdırıldığından funksional imkanlarının genişləndirilməsi mümkünsüz olur.

8. Mövqeli-konturlu proqramla İS robotların yaradılması tsiklii proqramla İS robotlara xas olan çatışmazlıqların əksəriyyətini aradan qaldırmaqla robototexnikanın inkişafının yeni mərhələsini aktualaşdırdı.

9. Mövqeli proqramla İS robotlarda manipulyatorun hərəkət trayektoriyası mahiyyətə fasiləsizdir, ancaq manipulyator fasiləsiz funksiyanın diskret qiymətlərinə uyğun yer dəyişir. Fasiləsiz hərəkət trayektoriyasının diskret qiymətləri işçi zonanın müxtəlif düyünlərində sərbəstlik dərəcələrində quraşdırılmış sürət və vəziyyət vericiləri ilə identifikasiya olunur. Həmin vericilərdən daxil olan informasiyalar öyrətmə rejimində robotun İS-də fiksasiya olunur və avtomatik rejimdə robotun fəaliyyətini təmin edir.

10. Mövqeli proqramla İS-in əsas çatışmayan cəhəti onun manipulyatorunun zonasında quraşdırılmış sürət və vəziyyət vericilərinin sayının məhdud olmasıdır ki, bu da bəzi hallarda manipulyatorun hərəkət trayektoriyasının fasiləsiz funksiyasını tam şəkildə identifikasiya etməyə imkan vermir.

11. Mövqeli proqramla İS- in göstərilən çatışmazlığı konturlu proqramla İS robotlarda, əsasən, aradan qaldırılır. Belə ki, mövqeli proqramla İS-dən fərqli olaraq, sürət və vəziyyət vericiləri ilə sərbəstlik dərəcələri düyünləri arasında interpolasiya qanununa uyğun mövqələr də fiksasiya edildiyindən robotun işçi zonasının istənilən trayektoriyasını identifikasiya etmək olur. Təbii ki, bu halda konturlu proqramla İS-nə daha yüksək tələbatlar qoyulur.

12. Mövqeli-konturlu proqramla İS robotların yaradılması və tətbiqi robototexnikanın yeni inkişaf istiqamətinin-çevik robototexniki komplekslərin yaradılmasını stimullaşdırdı. Robototexnikanın bu dövrdəki inkişafı texnoloji proseslərinin kompleks şəkildə tədqiqi və yeni avtomatlaşdırma vasitələrinin-proqramla İS robotların, rəqəmli proqramla idarəolunan dəzgahların, müxtəlif təyinatla xüsusişədirilmiş manipulyator və nəqliyyat sistemlərinin və s. tətbiqi ilə qismən çevik istehsal modullarının yaradılmasına səbəb oldu. Göstərilən modulların idarəedilməsi iki istiqamətdə həyata keçirilirdi: hər bir robot öz fəaliyyətini lokal İS vasitəsi ilə həyata keçirir və bütün kompleksin sinxronlaşdırılmış koordinasiyalı fəaliyyəti isə daha inkişaf etmiş lokal İS-dən hər hansı birinə həvalə olunur; hər bir robot öz fəaliyyətini lokal İS ilə həyata keçirir və bütün kompleksin sinxronlaşdırılmış koordinasiyalı fəaliyyəti, proqramla sazlanması və s., xüsusi təyinatlı mikroprosessorlu İS ilə realizə olunur [7,11].

13. Göstərilən hər iki istiqamətdə robotların lokal İS-in daxilində həssas hissetmə elementlərindən (müxtəlif təyinatlı vericilər və s.) əlavə, bütün kompleksin əks əlaqə prinsipi ilə idarəedilməsi üçün tələb olunan həssas hissetmə elementlərinin də quraşdırılması həyata keçirilirdi. Göründüyü kimi, artıq proqramla İS-də adaptiv və intellektual İS-nə xas olan

prinsiplərdən həssas hissetmə elementlərdən istifadə etməklə əks-əlaqə ilə idarəetmə istifadə edilməyə başlanmışdı.

14. On birinci bənddə göstərilənə əsasən robot kollektivlərinin iştirakı və biliklərin tətbiqi (xüsusən, produksiya qaydaları və şəbəkə modelləri və s.) ilə müxtəlif situasiyalarda robotların məqsədyönlü davranışlarını həyata keçirən, qismən süni intellekt funksiyalarını yerinə yetirən çevik robotexniki komplekslər yaradıldı [12,17].

15. Analizin nəticələrinin müqayisəsi nəticəsində xüsusi olaraq göstərmək lazımdır ki, proqramla İS robotların əsas çatışmayan cəhəti texnoloji proseslərin onların fəaliyyətinə uyğunlaşdırılmasını tələb etməsidir

Robotların İS-n inkişafının növbəti mərhələləri adaptiv və intellektual İS-li robotların yaradılması və onların bazasında daha yüksək səviyyəli çevik avtomatlaşdırılmış və avtomatik istehsalların sintezinin həyata keçirilməsidir.

Baxmayaraq ki, birinci nəsəl proqramla İS robotlar qismən də olsa müəyyən hissiyyat elementləri ilə təchiz olunurlar, onların tam məlum olmayan şəraitdə fəaliyyət göstərmələri mümkün deyil və son nəticədə texnoloji prosesin robotların fəaliyyətinə uyğunlaşdırılması tələb olunur.

İkinci nəsəl adaptiv avtomatik (avtonom) robotlar hər hansı bir proqramı öz fəaliyyətində yerinə yetirdikdə hissiyyat sistemi vasitəsi ilə tam məlum olmayan şəraitə uyğunlaşmaq qabiliyyətinə malikdirlər.

Adaptiv İS avtonom robotlar aşağıdakı əsas xarakteristikalara görə fərqlənir: hərəkət trayektoriyasına görə fasiləsiz; idarə tsiklinə əsasən daxili və xarici informasiyalara görə qapalı, informasiya mənbəyinə görə vəziyyət, sürət, gücmomentli; taktıl, görmə və lokasiya vericiləri ilə təminatlı; alqoritmə görə adaptiv korreksiya olunan və proqramlaşdırmaya görə minimal ilkin öyrətmə, özünü öyrətmə, yüksək səviyyəli və xüsusişdirilmiş proqramlaşdırma dilləri.

Üçüncü nəsəl intellektual İS robotlar digər avtomatik İS robotlardan aşağıdakı əsas xüsusiyyətləri ilə fərqlənilir: ətraf mühitin qavranılması, onun modelinin avtomatik qurulması, hər hansı bir tapşırığı yerinə yetirdikdə davranışının dəyişdirilməsi barədə qərarların qəbul edilməsi. Bu növ robotlar insana xas olan kifayət dərəcədə mürəkkəb funksiyaları texniki şəkildə imitasiya etmək qabiliyyətlərinə malikdirlər. Göstərilən xüsusiyyətli intellektual İS robotlar iş prosesində və öyrətmə rejimində sərbəst fəaliyyət göstərdikdə insanın köməyi olmayan hallarda xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

İntellektual İS robotlar aşağıdakı əsas xarakteristikaya malikdirlər: hərəkət trayektoriyasına görə fasiləsiz; idarə tsiklinə görə daxili və xarici informasiya və biliklərə görə qapalı olması ilə; informasiya mənbəyinə görə biliklər bazası ilə hissetmə sistemi; alqoritm təminatına görə çox konturlu adaptasiya və özü özünü təşkilətmə; proqramlaşdırmaya görə avtomatik proqramlaşdırma və süni intellektin problem-yönümlü dilləri.

Beləliklə, robotların nəsillərini ümumiləşdirərək aşağıdakıları göstərmək olar.

1. Birinci nəsəl robotlar sənayedə əhəmiyyətli şəkildə öyrənilib və geniş tətbiq sahələri tapmışdır. Robotexnikanın və uyğun olaraq elm və texnikanın inkişafına əsasən müasir İS-in, onların alqoritmik və proqram təminatlarının yaradılması, təkmilləşdirilməsi müasir dövrdə də onların tətbiq sahələrini stimullaşdırır.

2. İkinci, xüsusən də üçüncü nəsəl avtomatik İS robotlar öz unikalılıqları ilə fərqlənilir, iqtisadi cəhətdən onların seriya ilə istehsalı və geniş tətbiqi böyük resurslar tələb edir. Odur ki, onlardan insan fəaliyyəti mümkün olmayan ekstremal şəraitlərdə istifadə edilməsi nəzərdə tutulur.

Göründüyü kimi adaptiv və intellektual İS robotların idarə edilməsində süni intellekt elementlərinin tətbiqi əsas rol oynayır. Qeyd edək ki, canlı orqanizmlərin təbii intellektini süni və yaxud maşın intellektindən fərqləndirmək lazımdır. Belə ki, robotun intellektual funksiyaları fərqli prinsiplər əsasında realizə edilir və təbii ki, məhdud imkanlara malik olurlar. Bu onunla izah olunur ki, hətta müasir, mükəmməl texniki intellekt robotun idarə proqramlarının sintezi

məsələlərinin həllinin avtomatlaşdırılmasını əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirərək realizə edir. Göstərilən hal onu deməyə əsas verir ki, yaxın gələcəkdə heç olmazsa vaxt kəsiyində insana xas olan funksiyaları mükəmməl şəkildə yerinə yetirən və qeyri-müəyyənlik şəraitində tam sərbəstliklə məqsədyönlü qərarlar qəbul etmək qabiliyyətli robotların yaradılması müəyyən çətinliklərlə müşayiət olunacaqdır.

Digər perspektiv istiqamət hissiyyat sistemləri ilə təchiz edilmiş avtomatik İS robotların təkmilləşdirilməsi ilə avtonom adaptiv robotların (AAR) yaradılması və tətbiqidir.

AAR-ın digər nəsillərdən əsas fərqi ondadır ki, onların imkanları müəyyən zaman kəsiyində insanın təbii intellektinin imkanları ilə üst-üstə düşməlidir və onlar qeyri-müəyyənlik şəraitində qərarlar qəbul etməklə fəaliyyət göstərməlidirlər. Göründüyü kimi, AAR-ın yaradılması birbaşa insanın intellektinin modelləşdirilməsi ilə bağlıdır və qlobal psixoloji mexanizmlərin mahiyyəti haqqında proseduraların həllini tələb edir. Bu isə həddindən artıq mürəkkəb məsələdir və onun da psixoloji, tibbi və fəlsəfi həlli tədqiqat mərhələlərində araşdırılır [18].

Elm və texnikanın inkişafının müasir vəziyyəti imkan verir ki, AAR-ın yaradılmasında və idarə olunmasında bionik yanaşmanın müxtəlif modifikasiyalarından istifadə edilsin. Belə həll yollarından biri kimi biotexniki (BT) yanaşmanı göstərmək olar [19].

BT yanaşmada sensor sistemləri və icra alt sistemləri ilə təchiz olunmuş AAR insan-operatorundan əhəmiyyətli uzaq məsafədəki işçi zonasında fəaliyyət göstərir.

Robotun ətraf mühitindəki vəziyyət haqqında informasiya müxtəlif tip kanallarla operatora ötürülür. Mövcud situasiyanı qiymətləndirən operator həmin kanalla robota idarəedici təsirlər göstərməklə onu məsafədən idarə edir. Müasir texniki vasitələr operatora onun robotun işçi zonasında olması illyuziyasını yaratmağa imkan verir. Bu halda robotla operatorun əlaqəsi diskret zaman momentlərində seanslarla həyata keçirilir. Göstərilən yanaşma ilə yaradılan robotlara nümunə kimi ilk kosmik robotları göstərmək olar.

Göründüyü kimi biotexniki yanaşmada əsas rolu insanın intellektinə əsaslanan qərar qəbul etmə proseduralarının yerinə yetirilməsidir. Bu isə heç də robotun süni intellektinin yaradılması probleminin həlli rolunu oynamır, sadəcə olaraq, məsələnin ciddiliyini bir qədər yüngülləşdirir. Daha doğrusu, AAR-ın idarə olunmasında təbii intellekt ilə sadələşdirilmiş süni intellektdən kompromis istifadəyə əsaslanan idarə üsullarının işlənməsi üçün əsas yaradır. Belə yanaşmalara misal kimi AAR-ın supervizor və dialoq idarə üsullarını göstərmək olar [20].

Supervizor idarəetməsinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, operator AAR-la seans zamanı ona növbəti tapşırığı göndərir. AAR tapşırığı yerinə yetirmək üçün işçi zonasındakı situasiyanı araşdırmalı, operatorun köməyi olmadan konkret məqsədə nail olmaq üçün tələb olunan məsələləri həll etməlidir. Baxmayaraq ki, supervizor rejimində robotla əlaqədə operatorun işi əhəmiyyətli dərəcədə yüngülləşir, AAR-ın göstərilən halda intellektual səviyyəsi insan intellekti ilə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə sadədir. Eyni zamanda bu halda AAR-ın idarə olunmasında istifadə edilən çoxlu problemlər qarşıya çıxır.

AAR-ın idarə edilməsində insanın təbii intellektinə nisbətən yaxın ola biləcək süni intellekt əsasında qurulan idarə sistemlərinin yaradılmasında bionik yaxınlaşma üsulu son vaxtlar xüsusi aktuallıq kəsb edir. Bionik yanaşmanın mahiyyəti ondadır ki, AAR-ın idarə olunmasında bioniki analoqların, yəni neyrofizioloji və neyrokibernetik eksperimentlərin nəticələrindən istifadə edilir. Bu halda AAR-ın idarə olunmasında süni intellektin istifadəsində təbii intellektin bütün funksiyalarını modelləşdirən qurğuların yaradılmasına deyil, məhz konkret mühitdə adaptiv davranışı və məqsədyönlü fəaliyyəti təmin edən qurğuların sintezinə baxılmalıdır. Başqa sözlə, reflektor davranışlarını mürəkkəb psixoloji səviyyədə deyil, nisbətən sadə neyrofizioloji səviyyədə modelləşdirməkdən başlamaq lazımdır [21].

Müxtəlif təyinatlı funksiyaları yerinə yetirən mövcud neyron şəbəkələri paket proqramları imkan verir ki, bionik yanaşmadan istifadə etməklə AAR-ın idarə edilməsi üçün yeni metodlar işlənilib hazırlansın. Bu istiqamətdə tədqiqat işlərinin nəticələri perspektivdə daha mürəkkəb

strukturlu AAR-ın süni intellekt elementləri ilə təchiz olunmuş idarəetmə sistemlərinin yaradılmasını təmin etməlidir.

AAR-ın dioloq rejimində fəaliyyət göstərən idarəetmə sistemində operatorla robot arasındakı əlaqə ancaq operator tərəfindən deyil, həm də lazım olduqda robotun süni intellekt elementinin təşəbbüsü ilə həyata keçirilir. Bu halda AAR onun süni intellekt elementləri ilə təchiz edilmiş idarəetmə sistemi və ya operatorun tapşırıqları ilə, ya da ki, eyni zamanda təbii və süni intellektin qarşılıqlı əlaqəsi ilə fəaliyyət göstərə bilər.

İdarəetmə sistemləri süni intellekt elementləri ilə təchiz edilmiş AAR-lar real dinamiki dəyişən xarici mühitdə fəaliyyət göstərməyə və robot kollektivlərinin tərkibində mürəkkəb funksiyaları yerinə yetirmək imkanlarına malik olmalıdır.

Analiz göstərir ki, AAR-ın sadalanan idarəetmə sistemlərinin realizasiyası ancaq əvvəldə qeyd olunan alqoritmik və proqram təminatlarının mürəkkəbliyi ilə deyil, eyni zamanda klassik struktura malik ardıcıl hesablayıcı qurğuların robotun real vaxt rejimində fəaliyyətini təmin edə bilməməsi ilə əlaqədardır. Bu məqsədlə real obyektlərdə paralel strukturlu hesablayıcı qurğuların, xüsusən də kompüterlərin, istifadəsi elm və texnikanın müasir səviyyəsində iqtisadi nöqteyi-nəzərdən özünü doğrultmur. Odur ki, real, əvvəlcədən (aprioru) öyrənilməmiş xarici mühitdə AAR-ın idarə edilməsi üçün digər yanaşmaların istifadəsi aktuallaşır. Belə yanaşmalardan biri də robotların adaptiv idarəedilməsində həmcins idarəedici strukturlardan istifadədir. Bu növ robotları süni intellekt elementləri ilə təchiz edilmiş adaptiv robotlar adlandırırlar [19,23].

Göstərilən prinsiplə idarə olunan robotlar (robot kollektivi) müxtəlif situasiyalarda fəaliyyət göstərən və situasiyalarının yerinə yetirilməsi ardıcılığı əvvəlcədən məlum olmayan proseslərin idarə edilməsində müvəffəqiyyətlə istifadə oluna bilər.

İnformasiya emalı texnologiyalarının müasir səviyyəsi, paralel hesablayıcı qurğuların geniş tətbiqi, elm və texnikanın, istehsal proseslərinin müxtəlif sahələrində, xüsusən də çevik istehsal modullarının yaradılması və idarə edilməsində AAR-ın tətbiqi üçün geniş perspektivlər yaradır [24].

Bu məqsədlə hissiyyat üzvləri ilə təchiz edilmiş avtomatik proqramla İS-nin təkmilləşdirilməsi, onların İS süni intellekt elementləri ilə zənginləşdirilərək adaptasiya olmaq qabiliyyətlərini artırmaq tələb olunur. Məsələnin göstərilən istiqamətdə həlli xarici mühitin şərtlərinə uyğun adaptasiya olunaraq, sistemin davranışını planlaşdıran, hərəkətdə olmayan və ya hərəkətdə olan maneələrdən asılı olaraq təhlükəsiz hərəkət marşrutlarını təyin edilən və ən vacibi əvvəlcədən formalizə olunmayan xarici mühitin modelinin qurulması və ona uyğun qərarların qəbul edilməsini təmin edən adaptiv robot "kollektivlərinin" yaradılması aktuallıq kəsb edir.

NƏTİCƏ

1. Avtomatik proqramla İS robotlar hərəkət trayektoriyasına görə sadə tsikli diskret növdən başlayaraq uzun bir dövr kəsiyində komputerlə İS yüksək funksional imkanlara malik hissiyyat sistemi ilə təchiz olunmuş və geniş tətbiq sahələrinə malik olan mövqeli, konturlu proqramla İS robotlara kimi təkmilləşdirilərək inkişaf mərhələlərini keçmişdir.
2. Proqramla avtomatik İS robotların tətbiqi ilə yüksək məhsuldarlıqla robototexniki komplekslər və çevik istehsal sistemlərinin alt sistemi hesab edilən lokal İS-li çevik istehsal modulları sənayenin müxtəlif sahələrində geniş tətbiq sahələrinə malik oldular.
3. Proqramla avtomatik İS-li robotların əsas çatışmayan cəhəti tətbiq obyektlərinin robotların fəaliyyət sferalarına uyğunlaşdırılmasını tələb etmələridir.
4. Üçüncü bənddəki çatışmazlığın aradan qaldırılması üçün ikinci nəsillə adaptiv və üçüncü nəsillə intellektual İS-li robotların yaradılması perspektiv istiqamət hesab edilir.
5. Elm və texnikanın inkişafının müasir səviyyəsi adaptiv və intellektual İS-li robotlara qoyulan bütün tələbləri tam şəkildə yerinə yetirməyə hələlək cavab vermədiyindən yeni yanaşmaların işlənməsi tələb olunur. Belə yanaşmalardan biri kimi proqramla avtomatik İS-li robotların hissiyyat sisteminin təkmilləşdirilməsi və əvvəlcədən məlum olmayan

bəzi situasiyalarda davranış fəaliyyətinə malik olan həmcins idarəedici strukturlu İS-nə malik AAR-ın yaradılması hesab edilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9-ти кн. Кн.3. Управление робототехническими системами и гибкими автоматизированными производствами / Под ред. И.М.Макарова. М.: Высшая школа, 1986, 159 с.
2. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9-ти кн. Кн.1 И.М.Макаров. Системные принципы создания гибких производственных систем. М.: Высшая школа, 1986, 175с.
3. Управляющие системы промышленных роботов / Под ред. И.М.Макарова, В.А.Чиганова. М.: Машиностроение, 1984, 286 с.
4. Мясников В.А., Игнатъев М.Б., Покровский А.М. Программное управление оборудованием. Л.: Машиностроение, 1984, 427 с.
5. Медведев В.С., Лесков А.Г., Юшенко А.С. Система управления манипуляционными роботами. М: Наука, 1978, 416 с.
6. Пол Р. Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота-манипулятора. М.: Наука, 1976, 104 с.
7. Микропроцессорные системы управления в робототехнике / Под ред. И.М.Макарова, Д.Е. Охоцимского, Е.П. Попова. М.: Наука, 1984, 176 с.
8. Управляющие системы промышленных роботов/ Под ред. И.М.Макарова, В.А.Чиганова. М.: Машиностроение, 1984, 288 с.
9. Алиев Р.А., Кязимов Н.М., Ахмедов М.А. Микропроцессорная система управления гибким автоматизированным участком в производства алюминиевых испарителей // Механизация и автоматизация производства. 1987, №11.с.16-17.
10. Лазарев В.Г., Пий Е.Н. Синтез управляющих автоматов, 2-е изд. Перераб. и дополн. М.: Энергия, 1978, 408 с.
11. Алиев Р.А., Кязимов Н.М., Ахмедов М.А. Система управления роботизированным производственным процессом прокатки пакета из алюминиевых листов // Изв. АН Аз. ССР, сер. физ.-техн. и мат. наук, 1985. №4. с123-127.
12. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии/ Поспелов Г.С. М.: Наука, 1988.- 280 с., ил. (Сер «Академические чтения»).
13. Системы осущствления и адаптивные промышленные роботы / В.Б. Брагин, Ю.Г.Войлов, Ю.Д. Жаботинский и др.: Под общ. Ред. Е.П. Попова и В.В. Клюева. М.: Машиноведение, 1986, 256с. Ил. (Автоматические манипуляторы и робототехнические системы).
14. Алиев Р.А., Кязимов Н.М., Ахмедов М.А и др. Модели описания поведения активных элементов ГАУ образования канала в алюминиевых испарителей// Изв. АН Аз. ССР, сер. физ-техн и мат. наук. 1987. №5. С. 134-143.
15. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. М.: Энергоатомиздат, 1981, 232с.
16. Алиев Р.А., Кязимов Н.М., Ахмедов М.А. Система управления гибких производственным участком на базе продукционной модели// Изв. АН. Аз. ССР. Сер. физ.-тех. и мат. наук, 1988, №2, с.127-137.
17. Алиев Р.А., Кязимов Н.М., Ахмедов М.А. Мустафаев В.А. Автоматизация моделирования гибких автоматизированных участков с применением сети Петри// Гибкие автоматизированные системы и робототехника. М.: 1991, №5. с. 43-47.
18. Анохин П.К. Общая теория функциональной медицинской кибернетики. М: Медицина, 1974, 110 с.

19. Однородные управляющие структуры адаптивных роботов/ Кадяев А.В., Чернухин Ю.В., Носков В.Н., Каляев И.А. М.: Наука. 1990, 152 с.
20. Кулаков Ф.М. Сурервизорное управление манипуляционными роботами. М.: Наука, 1980, 88 с.
21. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М: Медицина, 1968, 547 с.
22. Каляев А.В., Чернухин Ю.В., Брюхомицкий Ю.А. и др. Построение однородных управляющих структур адаптивных автомных роботов // Микропроцессорные средства и системы. Москва: 1985, №4.
23. Dövlətzadə A.Ə. Çəvik istehsal modulunun həmcins idarə olunan strukturla modelləşdirilməsi. Doktorların və gənc tədqiqatçıların XIX Respublika Elmi Konfransının materialları. Bakı: 2015, I cild, s.117-119.

РЕЗЮМЕ

АНАЛИЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОВ И НА ИХ ОСНОВЕ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Ахмедов М.А., Довлатзаде А.А.

Ключевые слова: *Робот, управление, гибкая производственная система, искусственный интеллект, адаптивный.*

В работе проанализированы проблемы разработки и развития управляющих систем роботов и на их основе гибких производственных систем. Показано, что перспективы развития и внедрения роботов в промышленность и другие объекты, требуют новые подходы, как при проектировании автономных адаптивных роботов, так и при разработке их систем управления на базе элементов искусственного интеллекта. Отмечено, что одним из таких подходов является использование в системе управления адаптивного автономного робота однородных управляющих структур.

SUMMARY

ANALYZING AND DETERMINATION OF THE IMPLICATIONS FIELDS OF ROBORS AND MANAGEMENT SYSTEMS WITH THE FLEXIBLE PRODUCTION ON ITS BASIS

Akhmedov M.A., Dovlatzade A.A.

Key words: *Robot control, flexible manufacturing system, artificial intelligence, adaptive.*

The problems of design and development of management systems of robots were realized and on this basis the flixible manufacturing systems as well. It is shown that the prospects for the development and implementation of robots in industry and other objects require new approaches, such as the desiqn of autonomous adaptive robots, and in the development of management systems based on bits and pieces of artificial intelligence. It noted that one of these approaches is the use of adaptive control system of homogeneous autonomous robot control structures.

Daxil olma tarixi: İlkin variant 12.04.2016
Son variant 27.09.2016

UOT 681.518.5

**ELEKTRON QURĞULARININ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ LAYİHƏLƏNDİRMƏ
SİSTEMLƏRİNİN MÜQAYİSƏLİ ANALİZİ VƏ İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİNİN
TƏYİNİ**¹MƏHƏMMƏDLİ HİCRAN MƏHƏMMƏD qızı²RƏSULOV RASİM ZAHİD oğlu

Sumqayıt Dövlət Universiteti: 1-dosent, 2-assistent

e-mail: rasilim.rasilulov.85@mail.ru

Açar sözlər: ALS, ÇİS, elektronika, oriyentasiya, layihələndirmə

Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri (ALS) bir elmi istiqamət kimi keçən əsrin ortalarından başlayaraq inkişaf etməyə başlamışdır. Məlum olduğu kimi, layihələndirmə prosesi uzun müddət tələb edən prosedurların toplusundan ibarətdir. Əgər keçən əsrin ortalarına kimi layihələndirilən obyektin yaşama müddəti (istismarda olduğu müddət) əksər hallarda onun layihələndirilməsinə, hazırlanmasına, sınaq və tətbiqinə sərf olunan müddətə bərabər və yaxud çox olurdusa, 70-ci illərdən başlayaraq istehsal olunan məhsulların çeşidinin artması, tələbatə uyğun məhsulların istehsalının qısa bir müddətdə başqa məhsullarla əvəz olunmasının vacibliyi, layihələndirilən obyektin istismarda olduğu müddətin azalmasına səbəb olur, layihələndirilmə müddətinin çox olması isə səmərəliliyi əhəmiyyətli dərəcədə azaldırdı. Bu halda vəziyyətdən çıxış yolu avtomatlaşdırılma vasitələrindən istifadə etməklə layihələndirilmə müddətinin azaldılması, layihələndirilən obyektin çevik şəkildə avtomatik və ya avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsini təmin etməkdir. Bu nöqtəyi-nəzərdən elektron qurğuların, xüsusən də, mikroelektronikanın element bazasının inteqrasiyasının genişlənməsi, yeni təyinatlı çoxfunksiyalı inteqral sxemlərə olan tələbat, layihələndirilməni avtomatlaşdıran sistemlərin yaradılmasını aktuallaşdırırdı.

ALS-in elm və texnikanın müxtəlif sahələrində geniş tətbiqi yeni avtomatlaşdırılma vasitələri olan, insanın əqli əməyini yüngülləşdirməklə bərabər, onun fiziki əməyini də yüngülləşdirən sənaye robotlarının tətbiqi və çevik istehsal sistemlərinin (ÇİS) yaradılması ilə geniş vüsət tapdı. ÇİS müxtəlif çeşidli və təyinatlı məhsul istehsalına imkan verən istehsal modulu, sahəsi, sexi və nəhayət istehsalat çərçivəsində yaradılır və fəaliyyət göstərir. ÇİS-in əsas komponentlərindən biri tələbatə uyğun məhsulun istehsalını avtomatlaşdırılmış layihələndirilən və onun istehsalını təşkil edən ÇİS-in proqram yolu ilə yeni məhsul istehsalına çevik şəkildə uyğunlaşmasını təmin edən ALS-dir.

Məlum olduğu kimi, ALS-in əsas bazası olan kompüterin inkişaf mərhələləri (nəsilləri) bilavasitə elektron texnikasının elementlərinin, xüsusən də mikroelektronika elementlərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsini tələb edir. Bu istiqamətdə tədqiqatlar 80-ci illərin əvvəlinə kimi pərakəndə, dağınıq halda inteqral sxemlərin (İS) böyük və ifrat böyük BİS-in avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsi problemlərinə həsr olunurdusa, 90-cı illərin əvvəllərində artıq ifrat inteqrasiyaya malik mürəkkəb qurğuların avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsi istiqamətində perspektiv problemlərin həlli üzərində elmi-tədqiqat işləri aparılmağa başlandı [1,2,3].

Elmi-tədqiqat işlərinin həmin dövr üçün perspektiv inkişafı kimi aşağıdakı istiqamətlər prioritet hesab olunurdu: ifrat BİS-in topologiyasının layihələndirilməsi; yüksək səviyyəli, kombinasiyalı məntiqi sxemlərin sintezi; ifrat BİS-in parametrik sintezi; rəqəmli sistemlərin yüksək səviyyəli sintezi; inteqral sxemlərin və elektron sistemlərinin layihələndirilməsi üçün ALS mühitinin işlənməsi; ifrat BİS-in istehsalında texnoloji prosesin statistik idarə olunması və s.

Elektronika və Radioelektronika üzrə Mühəndislər İnstitutunun əsərlərinin “Avtomatlaşdırılmış layihələndirmənin perspektivləri” adlı tematik buraxılışında, əsasən, inteqral sxemlərin və elektron qurğularının layihələndirilməsinin problemləri və perspektivi nəzərdən keçirilmişdir və sonrakı mərhələlərdə, həqiqətən də, bu istiqamətdə böyük nailiyyətlər əldə olunmuşdur [4].

Elektron texnikası vəsaitlərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsi perspektivləri istiqamətindəki ideyalar və bu istiqamətdə görülən nəzəri tədqiqatlar və praktiki işlər artıq 90-cı illərin sonu və 2000-ci illərin əvvəllərində öz bəhrələrini verməyə başladı. Bu nailiyyətlər həmin dövrün elmi və texniki nəşrlərində geniş əksini tapmış, çoxlu sayda jurnallar və monoqrafiyalar çap olunmuşdur.

90-cı illərdə radioelektron element və qurğularının avtomatlaşdırılmış layihələndirilmə sistemi kimi geniş yayılmış P-CAD sisteminin müxtəlif versiyaları olmuşdur [5]. Radioelektron aparatlarının layihələndirilmə sistemi P-CAD iyerarxiyalı modul strukturuna malik olan xüsusişəkillənmiş proqram paketlərinin toplusundan ibarət olmaqla, prinsipial elektrik sxemlərinin, inteqral sxemlərinin, proqramlaşdırılan məntiqi matrislərin və çap platalarının topologiyasının layihələndirilməsinə oriyentasiya olunaraq yaradılmışdır. P-CAD sisteminin proqram vasitələri radioelektron aparatlarının çap platalarının avtomatlaşdırılmış layihələndirilmə prosesindən başlayaraq, konstruktör sənədlərinin tərtibatı və alınması, çap platalarının texnoloji avadanlıqla istehsalı üçün informasiyanın toplanmasına kimi mərhələlərin hamısını birbaşa avtomatlaşdırmağa imkan verir. P-CAD sisteminin radioelektron elementləri kitabxanası göstərilən prosedurları həyata keçirmək üçün kifayət edir. İstifadəçi tələb olunarsa, PC-CARDS redaktorunun köməkliliyi ilə radioelektron elementləri kitabxanasının imkanlarını genişləndirə bilər.

P-CAD sisteminin məntiqi inkişafı kimi WINDOWS üçün 1996-cı ildə ACCEL TECHNOLOGİES firmasının yaratdığı versiyayı P-CAD 2000 (ACCEL EDA) göstərmək olar [6]. 1998-ci ilə kimi həmin sistemin bir neçə versiyaları yaradılmış və radioelektron aparatlarının layihələndirilməsində istifadə olunmuşdur. WINDOWS 95/98NT üçün Accel EDA sistemi çap platalarının avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinin tam tsiklini yerinə yetirir: sxemlərin qrafiki şəkildə daxil edilməsi; sxemlərin çap platalarında yerləşdirilməsi; komponentlərin avtomatlaşdırılmış rejimdə platalarda toplanması; əllə, interaktiv və ya avtomatik şəkildə çap platasında birləşdirici elektrik keçiriciliyi xətlərinin trassirovkası; elektrik sxemlərindəki və çap platasındakı səhvlərin aşkarlanması və aradan qaldırılması; texniki sənədlərin tərtibi və çapı.

Accel EDA sisteminin kitabxanasında xarici ölkələrdə geniş yayılmış radioelektron elementlərdən istifadə olunur və tələb olunduqda kitabxananın fondunu genişləndirmək imkanına malik olur. Bu sistemin digər üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, P-CAD əsasən rəqəmli radioelektron aparatlarının çap platalarını layihələndirmək üçün nəzərdə tutulmuşdursa, Accel EDA sistemi analoq və qarışıq, analoq-rəqəm qurğularının çap platalarının layihələndirilməsinə oriyentasiya olunmuşdur. Bu sistemin digər üstün cəhətləri aşağıdakılardır: yarımkəçirici komponentlər istehsal edən bütün aparıcı firmaların İNTERNET-dəki ünvanları sistemin qovluğuna daxil edilmişdir; PDF mətn formatı vasitəsilə P-CAD sisteminin bütün versiyalarındakı sxemlərin və çap platalarının verilənlər bazalarını (VB) P-CAD 2000 sisteminə köçürmək imkanına malikdir.

P-CAD 2001/2002 sistemi, P-CAD 2000 sisteminin funksional imkanlarının SPECCTRA professional avtotrasçı sisteminin versiyalarının tətbiqi ilə genişləndirilərək yaradılmışdır [7,8]. SPECCTRA avtomatik trassirovka sisteminin əsas xüsusiyyəti onun adaptiv alqoritmlərlə üç cəhddə interaktiv və ya avtomatik rejimlərdə trassirovkanın bütün fazalarını yerinə yetirməsidir; o cümlədən ilkin trassirovka xətlərinin, bir-biri ilə birləşmələrini nəzərə almadan həyata keçirilir və növbəti mərhələlərdə adaptiv alqoritmlərin köməyi ilə həmin toqquşmaların sayını azaltmaqla yeni əlaqələr daxil edir; avtomatik trassirovka o vaxta qədər davam edir ki, keçirici xətlərin bütün konflikt toqquşmaları aradan götürülsün.

Radioelektron aparatlarının layihələndirilməsinin avtomatlaşdırılması istiqamətində çoxlu sayda aparıcı firmalar tədqiqat işləri aparmış və müəyyən nailiyyətlər də əldə etmişlər. Buna misal olaraq OrCAD sistemini yaradan firmanı misal göstərmək olar. Həmin firma uzun illər P-CAD-la rəqib olmuş, ancaq P-CAD-ın potensial imkanlarının genişliyi OrCAD-ın aparıcılar sırasına çıxmasına mane olmuşdur.

1999-cu ildə beynəlxalq səviyyədə tanınmış OrCAD və Cadence Design Systems (CDS) firmalarının birgə fəaliyyətə başlaması, OrCAD layihələndirmə sisteminin əhəmiyyətli dərəcədə aktuallaşmasına səbəb oldu [9]. Çox qısa bir müddətdə OrCAD-ın biri-birindən geniş potensial imkanlarına malik olan yeni versiyalarının yaradılmasına gətirib çıxartdı [10,11,12]. Artıq 2000-ci ilin oktyabrında layihənin standart məsələlərini həll edən yeni versiyası OrCAD 9.2 yaradıldı.

OrCAD sistemi onunla rəqabət aparan firmaların sistemlərindən üç əsas məsələnin həllində aparıcı nailiyyətlərinə görə fərqlənirdi: analoq və rəqəm bloklu çap platalarının layihələndirilməsi üçün OrCAD, Capture qrafik redaktoru (bu redaktor İCA-İTERNET COMPONENT Assistant xidmətinin köməkliliyilə, İnternet vasitəsilə elektron qurğularının aparıcı firmalarının mərkəzi verilənlər bazasına müdaxilə edə bilər ki, həmin bazalarda da iki yüz mindən artıq elektron komponentləri haqqında informasiyalar toplanmışdır); elektron qurğularının işinin modelləşdirilməsi (CDS-in dünyada tanınmış elektrik qurğularının və sxemlərinin hesablanması və modelləşdirilməsini təmin edən PSpice paketinin təkmilləşdirilmiş versiyaları), PSpice modelləşdirmə proqramlarının daimi təkmilləşdirilməsi element bazası və əməliyyat sistemlərinin (ƏS) yaxşı layihə edənlərin layihələrinin akkumulyasiyası və kitabxanaların element modelləri ilə artırılmasının inkişafı ilə sıx əlaqədədir və aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirir: PSpice A mürəkkəb analoq sxemlərinin modelləşdirilməsi; PSpice A/D analoq və rəqəmli qurğuların istənilən kombinasiyasının modelləşdirilməsi; PSpice A/D Basics PSpice A/D versiyasının sadələşdirilmiş versiyası (axırıncı versiya mürəkkəb olmayan analoq və analoq-rəqəm sxemlərinin modelləşdirilməsini təmin edir); çap platalarının qrafiki redaktə olunması (OrCAD Layout proqram paketlərinin versiyaları elektron qurğularının çap platalarının topologiyası üzərində kollektiv işin təşkili üçün kompleks məsələlərin həllini təmin edir və onun vasitəsilə aşağıdakı əsas əməliyyatlar yerinə yetirilir: sxemin elementlərinin çap platalarında yerləşdirilməsi; elektrik xətlərinin ümumi trassirovkası; qarşılıqlı təsirlərin aradan qaldırılması və elektrik əlaqələrinin etibarlılığının təmini; texnoloji tələblərə nəzarət).

Radioelektron aparatlarının avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsini təmin edən sistemlərin potensial imkanlarının və yerinə yetirdikləri funksiyaların müqayisəli analizi göstərir ki, onların əksəriyyəti göstərilən meyarlara görə bir-birinə çox yaxındır və hər hansı bir məsələnin həlli üçün hansı sistemin məqsədəuyğun olduğunu əvvəlcədən qəbul etmək müəyyən çətinliklər törədir [12]. Ancaq təcrübə göstərir ki, hər hansı bir və ya bir neçə meyarla görə sistemin tətbiqinin məqsədəuyğunluğunun təyin olunması da əksər hallarda özünü doğrultmur. Odur ki, hər bir konkret halda bu və ya digər ALS variantının tətbiqi situasiyadan asılı olaraq seçilməlidir. Baza ALS-i kimi dünyanın aparıcı sistemlərindən istifadə etməklə xüsusi mühəndis məsələlərinin həlli istiqamətində ixtisaslaşmış ALS vasitələrinin yaradılması 2000-ci ildən aktuallaşmağa başladı.

Məlum olduğu kimi, istənilən ALS-in son nəticəsi qrafik şəkildə təsvirlə yekunlaşır. Ancaq hər bir konkret məsələnin həllinin nəticəsinin qrafik şəkildə təsvirini təmin etmək üçün xüsusi qrafik modulun yaradılması özünü həmişə doğrultmur. Bu problemin həlli üçün mövcud ALS alətlərinin aktual olan, inkişaf etmiş qrafik paketlərlə inteqrasiyası daha səmərəli olur. Bu məqsədlə elektronika və elektrotexnikanın müxtəlif sahələrdə tətbiqi üçün ALS-in sənədlərinin buraxılmasına oriyentasiya olunmuş "Askon" səhmdar cəmiyyətinin təklif etdiyi "KOMPAS – QRAFİK" sistemi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir [13]. Bu sistem əsasən elektrotexniki qurğuların layihələndirilməsində sənədləşdirmə prosedurunun avtomatlaşdırılması üçün yaradılıb və aşağıdakı xüsüsüləşdirilmiş fraqmentlər kitabxanasına malikdir: "elektrik təchizatı" paketi (elektrotexniki qurğuların elementləri, rele mühafizəsi və yarımstansiyaların avtomatikası,

elektrik təchizatının dispetçer idarəetmə sistemi siqnallarının kitabxanaları bu paketə daxildir); “kommutasiya qurğuları” paketi (bu paketin proqramları əsas və köməkçi elektrik təchizatı dövrlərinin elektrik sxemlərində kommutasiya qurğularının avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsini təmin edir).

KOMPAS-QRAFİK sisteminin mühitində fəaliyyət göstərən tətbiqi ESK 5 kitabxanası elektrotexniki qurğuların layihələndirilməsindən əlavə, elektrik və elektron qurğularının avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsində də geniş tətbiq olunur [14]. ESK 5 elektrik sxemlərinin formalaşdırılmasının avtomatlaşdırılmasını sadələşdirir və aşağıdakı imkanlara malikdir: bir neçə min elementin qrafik işarələrinin kitabxanasına (mikrosxemlər, kondensatorlar, qida mənbələri, rezistorlar, diodlar, optronlar, tiristorlar və başqa elementlər); mikrosxemlər və başqa elementlərin qrafiki işarələrinin yaradılması üçün vəsaitlər, avtomatik və yarımavtomatik şəkildə mövqe işarələrinin qoyulması; elementlərin siyahısının avtomatik yaradılması və elementlərin verilənlər bazasının yaradılması.

Qeyd etdiyimiz kimi, OrCAD firmasının aparıcı firmalardan biri kimi formalaşmasında PSpice paket proqramlarının həmin sistemə inteqrasiyası böyük rol oynamışdır. Bu isə onu göstərir ki, radioelektron qurğularının ALS-in perspektiv inkişafı məhz modelləşdirmə, layihələrin işlənməsinin avtomatlaşdırılması və elektrik sxemlərinin sazlanması imkanlarına malik olan paket proqramlarla təchiz olunmuş sistemlərin yaradılması istiqamətində olmalıdır. Göstərilən istiqamətdə aparılan tədqiqat işləri son nəticədə radioelektron qurğularının avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinin birbaşa sistemə texniki layihələndirmədən başlayaraq (elmi-tədqiqat, modelləşdirmə, testləşdirmə mərhələləri), elektrik sxemlərinin işlənməsi, çap platalarının layihələndirilməsi, sazlanması və sınağına kimi bütün mərhələlərini əhatə etməlidir. Electronics Workbench 5.0 C proqram kompleksinin yaradılmasını bu istiqamətdə uğurlu addım hesab etmək olar [15]. Bu proqram kompleksi aşağıdakı əsas funksiyaları yerinə yetirir: sxemin vizual olaraq kompüterdə yığılması və komponovkası, onun real vaxt rejimində işləməsinə vizual nəzarət, komputer simulyasiyası ilə sxemin müxtəlif rejimlərdə giriş və həyəcanlandırıcı siqnallarının dəyişmələrində tədqiqi, işlənmiş elektrik sxemlərinin, modellərin verilənlər bazasında saxlanılmasını təmin etmək və s.

Ədəbiyyat mənbələrinin xülasəsi, təcrübə və internet materiallarına istinadən aşağıdakı əsas nəticələri çıxarmaq olar [16].

1. Elm və texnikanın müxtəlif sahələrində ALS-in bazası kimi istifadə olunan kompüterlərin nəsillərinin çox böyük sürətlə bir-birini əvəz etməsi onların element bazalarının ibtidaidən-tranzistorlardan, kiçik, orta, böyük və ifrat böyük inteqrasiyalı inteqral sxemlərə kimi inkişafı ilə sıx əlaqədardır. Məhz element bazasına olan tələbat elektron texnikasının, xüsusən də, mikroelektronikanın layihələndirilməsində avtomatlaşdırma vasitələrindən geniş istifadəni aktuallaşdırmışdır.

2. ALS-in yaradılmasında çoxsaylı konsepsiyalardan iki əsas istiqamətdə həyata keçirilən avtomatik və insan-maşın avtomatlaşdırılmış layihələndirmə konsepsiyalar daha aktualdır. Birinci istiqamətdə ənənəvi layihələndirilməyə əsaslanaraq işlənmiş ALS tətbiq olunur. Bu yanaşma yeni obyektlər layihələndirildikdə, yeni informasiya texnologiyaları işləndikdə özünü doğruldur. İkinci istiqamət ALS-I mərhələ-mərhələ, vacibliyindən asılı olaraq, layihələndirmə prosedurlarının avtomatlaşdırılmış layihələndirilmə alətləri şəklində yaratmaq, son nəticədə isə məntiqi başa çatmış sistem kimi inteqrasiya edərək ALS yaratmaqdır.

3. Çoxfunksiyalı ALS-in geniş imkanlarından yerlərdə fəaliyyət göstərən istifadəçilərin bəhrələnməsi üçün ALS mühiti (CAD framework) ideyası nəinki elektron qurğularının elementlərinin layihələndirilməsinin avtomatlaşdırılmasında, eyni zamanda elektron qurğuları tətbiq olunan elm və texnikanın digər sahələrinin də avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsində mühüm rol oynadı.

4. Analiz göstərir ki, elektron texnikası vəsaitlərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsi ilə bir neçə firmalar bir-biri ilə ciddi rəqabət zəminində aparıcı rol oynamış və əhəmiyyətli

nailiyyətlər əldə etmişlər. Bu istiqamətdə aparıcı firmaların sistemləri kimi P-CAD və OrCAD sistemlərini göstərmək olar. Bu sistemlər elektron texnikası vəsaitlərinin bütün layihələndirmə mərhələlərinin avtomatlaşdırılmasını təmin edir.

5. Məlum olduğu kimi, istənilən təyinatlı ALS-in son nəticəsi qrafik şəkildə təsvirlərlə yekunlaşır. Ancaq təcrübə göstərir ki, hər bir konkret məsələnin həllinin nəticəsini vizual, çap şəklində təsvir etmək üçün sistemin tərkibində qrafik modulun yaradılması özünü doğrultmur. Bu məqsədlə mövcud ALS alətlərinin çoxfunksiyalı proqram paketlərlə inteqrasiyası daha səmərəlidir. “Askon” Səhmdar Cəmiyyətinin “KOMPAS QRAFİK” sistemi və onun mühitində fəaliyyət göstərən ESK 5 kitabxanası elektrik və elektron qurğularının avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsində sənədləşdirmə prosedurlarını yerinə yetirir.

İcmalın əsas nəticələrini ümumiləşdirərək göstərmək olar ki, elektron sxem və qurğularının avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsi üçün dünyanın aparıcı firmalarının yaratdığı və bir-birindən ciddi şəkildə fərqlənməyən, ancaq istifadəçilərin tələbatlarını ödəməyindən asılı olaraq tətbiq olunan çoxlu sayda sistemlər mövcuddur və onların təkmilləşdirilməsi, funksional imkanlarının genişləndirilməsi istiqamətində mütəmadi nəzəri və praktiki elmi-tədqiqat işləri aparılır.

İcmalda baxılan və baxılmayan digər sistemlər birmənalı peşəkar istifadəçilər üçün nəzərdə tutulub, elmi-tədqiqat müəssisələrində, konstruktor-layihə mərkəzlərində böyük həcmli layihələrin hazırlanmasına xidmət edir.

Elektron sxem və qurğularının yeni topologiyalara tətbiqi, onların ALS vasitəsilə təkmilləşdirilməsi, həmin qurğuların vasitəsilə elm və texnikanın digər sahələrində yaradılmış avtomatlaşdırılmış sistemlərin də təkmilləşdirilməsini, bəzi hallarda isə yenidən qurulmasını tələb edir. Bu, xüsusən, sənaye və intellektual robotların tətbiqi ilə yaradılmış çevik istehsal sahələrində özünü göstərir. Belə ki, ÇİS-in mexatron qurğularının kompüterlərlə fiziiki əlaqə interfeyslərinin yerlərdə layihələndirilməsini təmin edən ALS alətlərinin yaradılması aktuallaşır.

Elektron sxem və qurğularının ALS-in perspektiv inkişafı istiqamətlərindən biri də ALS mühitində fəaliyyət göstərən, layihələndirmə prosesində lokal xarakterli məsələləri həll edən avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətlərinin (ALA) yaradılmasıdır. İnternetin inkişafının müasir vəziyyəti və perspektivi ALA-ın istənilən aparıcı firmanın sisteminin mühitində işləməsinə imkan yaradır və bu istiqaməti aktuallaşdırır.

ALS mühiti ideyası ilk dəfə Harrison D.C. və başqalarının müəllifliyi ilə verilmişdir [5]. ALS mühiti ideyası nəinki elektron qurğularının elementlərinin layihələndirilməsinin avtomatlaşdırılmasında, eyni zamanda elektron qurğuları tətbiq olunan elm və texnikanın digər sahələrinin də avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsində mühüm rol oynamışdır.

ALS mühiti (CAD framework) termini onu göstərir ki, layihə edən özünün layihələrində çoxfunksiyalı ALS-in mümkün olan bütün alət vasitələrindən istifadə etmək imkanına malik olsun. Bu problemin həlli üçün əsas hesab olunan ALS böyük funksional imkanlı kompüter şəbəkəsinə malik olmalı və layihə edənlər avtomatlaşdırılmış işçi yerləri ilə təmin edilməlidirlər.

ƏDƏBİYYAT

1. Соукуп И. Компановка электронных схем. ТИИЭР, 1981, т. 69, № 10, с.119-145.
2. Авень Ж.П. Обзор методов проектирования топологии ИС. ТИИЭР, 1983, т. 71, № 1 .
3. Аллен Дж. Архитектура вычислительных устройств для цифровой обработки сигналов. ТИИЭР, 1985, т.73, № 5 .
4. Тематический выпуск. Перспективы автоматизированного проектирования. ТИИЭР, 1990, т.78, № 2.
5. Харрисон Д.С. и др. Среда САПР для проектирования интегральных схем и электронных систем. ТИИЭР, 1990, т.78, № 2.
6. Разевиг В.Д. Система P-CAD 8.5-8.7. Руководство пользователя М.: СОЛОН-Р, 1999.
7. Мактас М.Я. Восемь уроков по P-CAD 2001. СОЛОН-Пресс, 2003.

8. Елщин Ю.М. Системы проектирования. Справочное руководство по работе с подсистемой Спектра в P-CAD 2001/2002. СОЛОН-Р, 2002.
9. Разевиг В.Д. Система проектирования OrCAD 9.2. СОЛОН-Р, 2001.
10. Разевиг В.Д. Проектирования печатных плат в P-CAD 2001. СОЛОН – Р, 2001.
11. Афанасьев А.О., Кузнецова С.А. OrCAD 7.0-9.0. Проектирования электронной аппаратуры и печатных плат. Наука и Техника, 2001.
12. Третьяков С. Система проектирования электронных устройств OrCAD//САПР и графика. № 5, 2002.
13. Сускин В.В. Обзор и исследование современных САПР конструкций радиоэлектронной аппаратуры. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. № 7, 2002.
14. Николаева И., Панченко В. Приложения КОМПАС в проектировании электротехнических устройств. // САПР и графика. № 3, 2000.
15. Кальянов С. Проектирования электрических схем в среде КОМПАС: библиотека ESK 5 // САПР и графика. № 5, 2002.
16. Панфилов Д.И., Чепурин И.Н., Иванов В.С.; Под ред. Д.И.Панфилова. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Додека, Т1 – Электротехника, Т2 – Электроника, М.: МЭИ, 2000.

РЕЗЮМЕ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

Магоммедли Х. М., Расулов Р.З.

Ключевые слова: САПР, ГПС, электроника, ориентация, проектирование

В работе осуществлен сравнительный анализ систем автоматизированного проектирования электронных устройств и определены основные направления их развития в среде CAD framework.

SUMMARY

COMPARATIVE ANALYSIS OF ELECTRONIC EQUIPMENTS CAD AND DEFINITION OF PERSPECTIVE AND DEVELOPMENT

Magomedli H.M., Rasulov R.Z.

Keywords: CAD, flexible manufacture system, electronics, orientation, design

Comparative analysis of computer aided design of electronics equipments is done and definition of the basis directions of their determination at CAD framework are defined.

Daxil olma tarixi:	İlkin variant	31.05.2016
	Son variant	27.09.2016

UOT 681.516

HİDROTƏMİZLƏMƏ PROSESLƏRİNİN RƏQSİ YÜKLƏNMƏLƏR REJİMİNDƏ MODEL TƏDQIQI

ƏLİYEVƏ FİRUZƏ ALLAHQULU qızı

Bakı Dövlət Universiteti, müəllim

e-mail: f.aliyevainf@mail.ru

Açar sözlər: Stasionar katalizator təbəqəli kimyəvi proseslər, hidrotəmizləmə, riyazi modelləşdirmə, qeyri-xətti dinamika, paylanmış parametrlə dinamik sistem.

Neft mənşəli yağların və motor yanacaqlarının hidrotəmizləmə proseslərinin dinamik rejimləri əks etdirən riyazi modeli tərtib edilir. Parametrik identifikasiya həyata keçirilir və əldə olunmuş modelin əsasında keçid prosesləri üçün hesablama eksperimenti yaradılır. Periodik giriş təsirlərindən alınan qeyri-stasionar rejimlərin tədqiqi məsələsi irəli sürülür və bir sıra kanallar üzrə keçid prosesləri üç ölçülü qrafik təsvir şəklində əldə edilir.

Motor yanacaqlarının hidrotəmizləmə prosesləri respublikamızın neft emalı sənayesinin aparıcı sahələrindən birini təşkil edir. İstehsal texnologiyasına görə fasiləsiz proseslərdəndir. Ciddi sürətdə xarici təsirlərin mövcudluğu ilə xarakterizə olunurlar [1]. Bu faktorlar içərisində xammalın keyfiyyəti ən əsas faktor sayılır. Xammalın kükürlülük dərəcəsi böyük sərhəddə dəyişdiyindən texnoloji rejimin ona uyğun seçilməsi idarə funksiyasının əsas tərkib hissəsini təşkil edir.

Həyəcanlandırıcı təsirin böyük amplitudda və xeyli dərəcədə yüksək tezlik diapazonunda təzahür etməsi texnoloji prosesin statik və dinamik xassələrinin mükəmməl öyrənilməsini və idarəetmə praktikasında nəzərə alınmasını mühüm mühəndis problemi kimi qarşıya qoyur. Tədqiqat işinin əsas məqsədi hidrotəmizləmə reaktorunun kimyəvi kinetika asılılıqları əsasında riyazi modelləşdirilməsi və həmin əsasda idarəetmə obyektinin statik və dinamik xassələrinin öyrənilməsi olmuşdur.

Tədqiqat obyektini – stasionar katalizator təbəqəsində hidrogen tərkibli qaz və maye yanacaq (sürtgü yağı) fazalarında hidrogen iştirakı ilə kimyəvi prosesləri həyata keçirən reaktor – xüsusi törəməli diferensial tənliklərlə təsvir oluna bilər. Reaktorun fəza koordinatına görə bir ölçülü model yazılışının praktiki olaraq özünü təmamilə doğrultduğunu nəzərə alaraq, həmin yazılış tədqiqatımızda əsas konstruktiv riyazi aparat olaraq qəbul edilmişdir. Reaktorun diffuziyanın nəzərə alınmaması ilə ikifazlı filtrasiyalı axın modeli aşağıdakı kimi tərtib olunmuşdur:

$$\frac{\partial p_i}{\partial t} - \frac{v_q}{S\sigma_q\rho_q} \frac{\partial p_i}{\partial x} - w_{qy} \left(\frac{P}{k_i(T)} y_i - p_i \right) = 0; \quad i = \overline{1,3}; 1-H; 2-S; 3-H_2S$$

$$\frac{\partial y_i}{\partial t} - \frac{v_y}{S\sigma_y\rho_y} \frac{\partial y_i}{\partial x} + w_{qy} \left(\frac{P}{k_i(T)} y_i - p_i \right) + w_{yk}^i (b_{yk}^i y_i - z_i) = 0$$

$$\frac{dP}{dx} = \frac{\gamma}{\sigma_k} (v_y + v_q); \quad (1)$$

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

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

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

Bu model tənliklərində aşağıdakı işarələmələr qəbul edilmişdir:

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

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; ρ_q, ρ_y - qaz və yağ fazalarının sıxlıqları, γ - filtrasiyalı axında müqavimət əmsalı; w_{qy}^i, w_{yk}^i - qaz-yağ və yağ-katalizator fazaları üçün maddə köçürülməsinin sürət əmsalları; $k_i(T) = k_i^*(T - 273) + \varepsilon_i^*$; $i = \overline{1,3}$ - $i = \overline{1,3}$; uyğun olaraq hidrogenin, sulfidli birləşmələrin və hidrogen-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 aktivləşmə enerjisi, qaz sabiti, reaksiya sürət əmsalı və reaksiyanın həyata keçirildiyi temperaturdur.

Başlangıç və sərhəd şərtləri aşağıdakı kimi verilir:

$t = 0$ olduqda

$$p_i(x, 0) \equiv p_{i0}; \quad y_i(x, 0) \equiv y_{i0}; \quad z_i(x, 0) \equiv z_{i0};$$

$x = 0$ olduqda

$$p_i(0, t) \equiv p_{i0}(t); \quad y_i(0, t) = y_{i0}(t); \quad z_i(0, t) = z_{i0}(t);$$

Bu riyazi modelə periodik idarə təsirlərindən yaranan reaksiyanı əks etdirmək imkanı vermək üçün maddə və istilik balans tənliklərinin yazılışına aşağıdakı əlavələr edilmişdir:

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

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

(2)

harada ki, Z_i - dəyişənləri (1) tənliklər sistemi ilə müəyyən olunur.

Qeyd edək ki, (2) tənliklərində əlavə olaraq dörd variasiya oluna biləcək parametrlər iştirak edir: - $u_1, u_2, \omega, \varphi$. Bu parametrlər sinusoidal idarə təsirini həm hidrogen tərkibli qaz, həm də xammal üzrə eyni tezliklə, lakin müxtəlif amplituda və faza sürüşməsi ilə həyata keçirməyə imkan verir.

Elmi-texniki ədəbiyyatdan əxz olunmuş bir sıra kinetik əmsalların qiymətlərinə istinadən və ЛЧ-24-2000 sənaye hidrotəmizləmə qurğusunun statistik materialı əsasında parametrik identifikasiya həyata keçirilməsi ilə dizel yanacağı hidrotəmizləmə prosesinin dinamika modeli tərtib olunmuşdur. Modelin parametrləri cədvəl 1-də öz əksini tapmışdır.

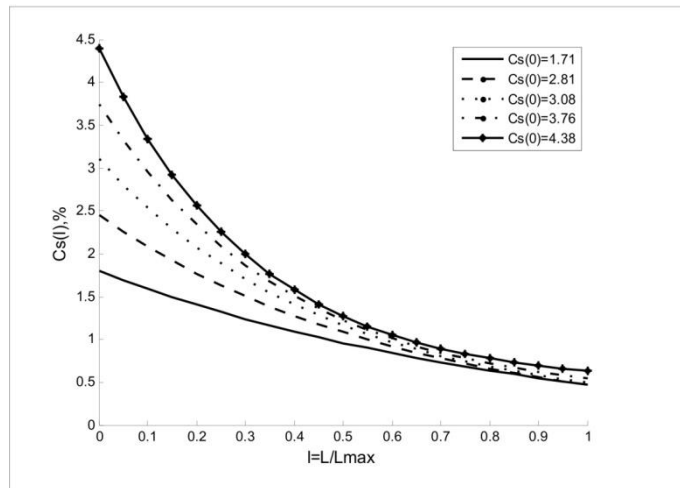
İdentifikasiya məsələsinin həllində rəhbər tutduğumuz əsas prinsip elmi ədəbiyyatdan götürülmüş məlumatın (parametrlərin qiymətlərinin) etibarlılıq göstəricilərinə görə təsnifatının işlənməsi (təbii, subyektiv mülahizələrdən irəli getməyən) olmuşdur. Bu təsnifat identifikasiya məsələsinin həllində parametrlərin variasiya diapazonlarının seçilməsində istifadə olunmuşdur.

Dörd nöqtəli aşkar sxem əsasında sonlu fərqlər sisteminin hesablanmasına əsasən model məsələ həll edilmiş və temperatur və kükürlülük göstəricisinin reaktor boyu paylanması zaman üzrə təkamülünü əks etdirən həllər əldə edilmişdir. Həmin həllərdən biri şəkl. 1 –də qrafik kimi göstərilmişdir.

Cədvəl 3

İdentifikasiya məsələsi üçün parametrlərin ədədi qiymətləri.

	Prametrin adı	Ölçü vahidi	Düsturda şərti işarəsi	Ədədi qiyməti
Elmi ədəbiyyatdan əks olunmuş və maddə balansına görə hesablanmış əmsallar	reaktorun en kəsiyində katalizatorun tutduğu nisbi sahə;	-	σ_k	0.82
	yağdaxili qaz qabarcıqlarının tutduğu nisbi sahə;	-	σ_q	0.088
	yağ fazasının tutduğu nisbi sahə	-	σ_y	0.092
	hidrogenin yağda həll olmasının temperatur asılılığı parametrləri	K^{-1}	k_h^*	0.97
		% (mol/mol)	ε_s	8.3
	Kükürdün yağda həll olmasının temperatur asılılığı parametrləri	K^{-1}	k_s^*	-0.022
		% (mol/mol)	ε_s	1.2
	Hidrogen-sulfidin yağda həll olmasının temperatur asılılığı parametrləri	K^{-1}	k_s^*	-0.0713
		% (mol/mol)	ε_s	4.2
Sulfidləşmə reaksiyasının aktivləşmə enerjisi	($kC mol^{-1}$)	E	73	
Arrenius eksponent qabağı sabit vuruğu	saat ⁻¹	k_0	0.075	
Fiziki sabitlər və sorğu kitablarından götürülmüş əmsallar	Hidrogen tərkibli qazın orta sıxlığı	mol/m^3	ρ_q	2.42
	Yağan sıxlığı	mol/m^3	ρ_y	857
	Universal qaz sabiti	$C/mol \cdot K$	R	8.31
	qaz-yağ mühitlərində hidrogenin absorbsiya əmsalı	-	b_{yk}^H	1.2
	Yağ-katalizator mühitlərində hidrogen-sulfidin absorbsiya əmsalı	-	$b_{yk}^{H_2S}$	
	Yağ-katalizator mühitlərində kükürdün absorbsiya əmsalı	-	b_{yk}^s	2.41
İdentifikasiya nəticəsində təyin olunmuş parametrlər	qaz-yağ fazası üçün (H) və (H ₂ S)-ə görə maddə köçürülmə sürət əmsalı;	$kmol/(saat \cdot m)$	w_{qy}^i	2.13
	Yağ-katalizator fazası üçün hidrogenə görə maddə köçürmə sürət əmsalı	$kmol/(saat \cdot m)$	w_{yk}^i	0.854
	Yağ-katalizator fazası üçün hidrogen-sulfidə görə maddə köçürmə sürət əmsalı	$kmol/(saat \cdot m)$	w_{yk}^i	0.671

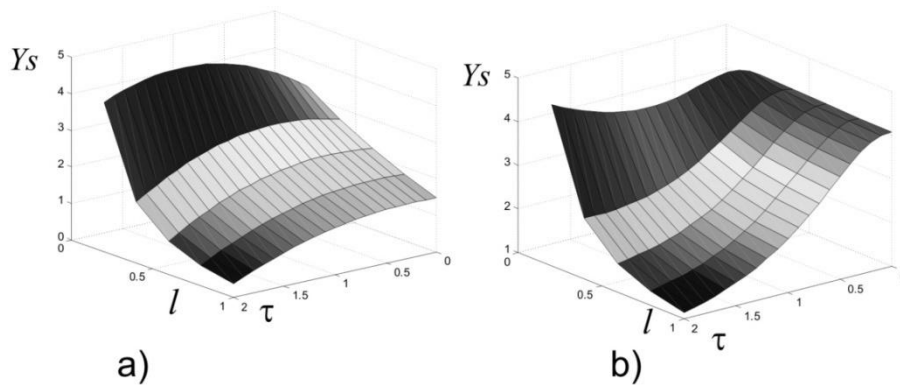


Şək. 1. Müxtəlif kükürlüliyə malik xamal üçün hidrogenləşdirmə reaktorunda təmzlik meyarının reaktor boyu paylanması.

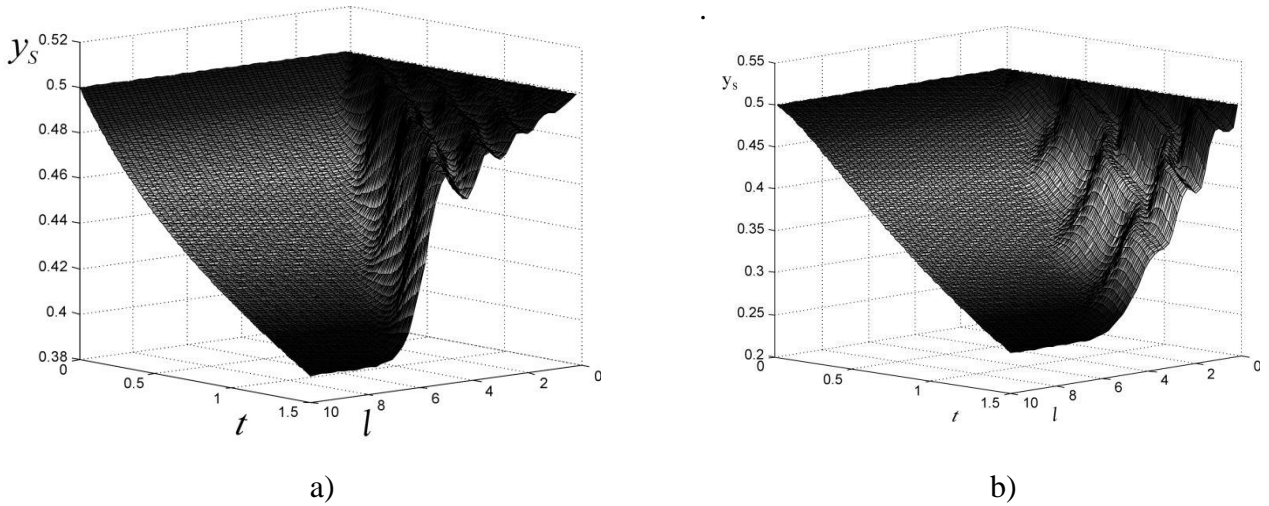
Qeyd edək ki, yalnız ümumi mülahizələrə istinad edən belə bir mövqə tam əsaslı sayıla bilər ki, qeyri-stasionar rejimlərin, başqa sözlə dinamik sistemlərin zaman üzrə məcburi hərəkətlərinin tədqiqindən irəli gələn optimallıq daha məhdud çərçivədə, yəni yalnız stasionar rejimlər çərçivəsində axtarılan optimallıqdan aşkar üstünlüyə malik olmalıdırlar. Nəzəri baxımdan xüsusi isbata ehtiyacı olmayan bu müddəanı konkret olaraq bu və ya digər fiziki effektlə əlaqələndirmək hər zaman mümkün olmasa da belə izahların (fiziki cəhətdən interpretasiyanın) verilməsinə həmişə xüsusi maraq olmuşdur [2]. Kimya texnologiyası proses və aparatları sahəsində çalışan mütəxəssislər iri sənaye obyektlərinin işə buraxılması, dayandırılması zamanı meydana çıxan qeyri-stasionar rejimlərin modelləşdirilməsinə yönəltdikləri diqqəti sonralar optimal idarəmə məqsədi daşıyan və məqsədyönlü surətdə dinamik rejimlərin yaradılmasına yönəlmiş oldular [2-4] .

Aparadığımız tədqiqatda katalitik sistemdə maddəköçürülmə proseslərinin çox mürəkkəb mexanizm üzrə, yəni adsorbsiya, desorbsiya, kimyəvi reaksiya aktlarının paralel və əlaqəli inkişafı ilə həyata keçdiyini nəzərə alsaq, deyə bilərik ki, optimal rejimlərin dinamikada axtarışı bu proseslər üçün ümumən çox perspektivli olmalıdır.

Şək.2-də uyğun olaraq xammalın reaktora verilmə sürətinin kiçik qiymətində (şəkil-2a) və nominaldan böyük qiymətində (şəkil-2b) reaktor uzunluq koordinatı üzrə paylanma funksiyasının zaman koordinatı boyu dəyişmə dinamikası göstərilmişdir.



Şək.2. Xammalın kükürlülük cöstəricisi Y_s – in (l, τ) müstəvisində paylanması; a) $u = 0.7$; b) $u = 1.1$



Şək.3. Kükürlü birləşmələrin parsial təzyiqinin iki müxtəlif qeyri-stasionar rejimə uyğun reaktor boyu paylanması.
a) $\omega = 2 \text{ rad / deq}$; b) $\omega = 3.5 \text{ rad / deq}$

Şək.3-də hidrotəmizləmə reaktorunun girişinə verilən xammalın həcm sürətinin periodik olaraq dəyişdirilməsindən alınan qeyri-stasionar rejim əks olunmuşdur. Şəkildən görüldüyü kimi, modelin başlanğıc şərti olaraq reaktor boyu kükürlülük dərəcəsi (yağ fazasında) bərabər paylanma halı kimi qəbul edilmiş və ədədi qiymətcə 0.5-ə bərabər götürülmüşdür. Reaktorun xammal ilə yüklənməsi sinusoidal qanun üzrə (həm yağ, həm də hidrogen tərkibli qaz üzrə eyni olmaqla) qəbul edilmişdir, yəni yüklənmə funksiyası

$$u(t) = 0.75 \cdot (1 + 1.44 \sin 2t), \quad 0 \leq t \leq 1.5 \quad (3)$$

şəklində götürülmüşdür (hesabatda kütlə vahidi ton, zaman vahidi dəqiqə qəbul edilmişdir).

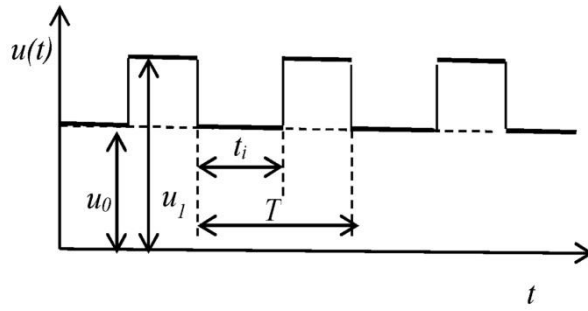
Yağ fazasında kükürlü birləşmələrin miqdarının reaktor boyu dəyişməsi tədrici proses olub, dalğavari xarakter daşıyır. Dalğanın reaktor boyu yayılması zaman üzrə artaraq təxminən 5-6 metr məsafədə başa çatır. Qrafikdən alınan bu görüntünün səbəbi yalnız zaman oxunun 1.5 dəq qiyməti ilə hüdudlanması, yəni qrafikin həmin nöqtədə kəsilməsidir. Əslində bu dalğavari proses zaman üzrə sonsuzluğa qədər davam edir. Riyazi fizika modellərində bu proses “qaçan dalğa” adı ilə tanınmışdır. Şək.2-də hidrotəmizləmə prosesi üçün aldığımız belə bir proses qrafik olaraq göstərilmişdir. Qeyd edək ki, belə proses yalnız aşağı maddi axın sürətləri və yüksək diffuziya rejiminin mövcud olduğu hallarda meydana çıxmaya bilər. Bütün digər hallarda dalğalı proses hər iki koordinat oxu üzrə qərar tapır və oxların miqyasına müvafiq nisbətdə bölünmüş dalğa uzunluqları ilə (modeldə v/ω nisbəti ilə ifadə olunur) özünü büruzə verir.

Reaktora verilən xammalın sərfinin dəyişdirilməsi idarəetmə baxımından daha çox maraq doğurur. Şək.4.-də xammalın verilmə sürətinin zaman üzrə dəyişdirilmə diaqramı göstərilmişdir. Həmin diaqram aşağıdakı zaman funksiyasını ifadə edir:

$$u(t_n) = u_0 \cdot (1 + u_1(t_n)); \quad t_n = n \cdot \theta; \quad n = 1, 2, \dots, N. \quad (4)$$

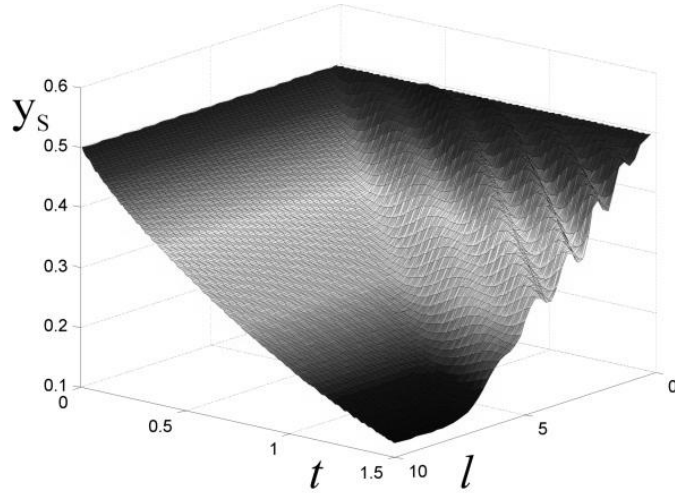
Qeyd etmək lazımdır ki, impulsar ardıcılığının formalaşdırılmasında variasiya olunan dörd parametr mövcuddur: u_0 – ardıcılığın dayaq hissəsi (sabit toplanan); $u_1(t_n)$ – impulsun amplitudu; θ – impulsun davamiyyəti; T – impulsların təkrar olunma periodu.

Bu parametrlərin variasiya edilməsi ilə istər kompüter hesablama eksperimenti ilə, istərsə real istehsal prosesində qoyulan aktiv eksperiment yolu ilə çıxış parametrlərinin optimal qiymətinin axtarışı məsələsi qarşıya qoyularaq həll edilə bilər.



Şəkil 4. Xammalın verilmə sürətinin zaman üzrə dəyişdirilmə diaqramı.

Şəkil 4.-də göstərilən diaqram üzrə formalaşdırılan impulslar ardıcılığının təsiri altında meydana çıxmış olan qeyri-stasionar rejim və bu rejimin nəticəsi kimi çıxışda hidrotəmizlənmiş yağın (və ya hər hansı digər karbohidrogen fraksiyasının) miqdarı şəkil 5.-də qrafik olaraq öz əksini tapmışdır.



Şəkil 5. Xammalın verilmə sürətinin düzbucaqlı impulslar ardıcılığı ilə verildiyi halda yaranan qeyri-stasionar rejim.

Qrafikdən görünür ki, reaktorun xarakterik vaxtının 1.5 misli qədər vaxt ərzində reaktoru tərk edən yağın təmizlənmə dərəcəsi 0.5%-dən 0.15%-ə qədər azaldıla bilmişdir. Hesablama eksperimenti göstərir ki, u_0 – in qiymətinin kiçildilməsi ilə təmizlənmə dərəcəsi hiss olunacaq qədər yüksəlir.

Nəticə. Katalitik sistemdə maddəköçürmə prosesləri çox mürəkkəb olduğu üçün adsorbsiya, desorbsiya, kimyəvi reaksiya aktlarının paralel və əlaqəli inkişafı optimal rejimlərin dinamikada axtarışının perspektivliyini artırır.

Hidrotəmizləmə reaktorunun rejimlərinin tədqiqinə gəlinə, onu qeyd edə bilərik ki, ümumiyyətlə reaktorun xammalla yüklənməsi ilə təmizlənmə dərəcəsi arasında azalan funksiya formasında funksional asılılıq mövcudur. Bu müddə istehsalat şəraitində çalışan mühəndis-texnik kadrların təcrübəsində də tam aydın mövqeni ifadə edir. Aşağı sürətlərdə xammalın reaktorda qalma müddəti çoxdur və katalitik səthdə kimyəvi çevrilmənin baş verməsinə daha çox vaxt imkanının yaranması ilə bağlıdır. Qeyri-stasionar rejimlərdən yaranan bu effekt molekulyar-kinetik səviyyədə proseslərin əverişli qarşılıqlı əlaqəsindən bəhrələnilir və bilavasitə reaktorboyu maddi axının xüsusi şəraitini tələb edir.

Beləliklə, aparılan model tədqiqatının nəticəsində belə bir qənaətə gəlmək olur ki, xamalın verilməsinin impulsiv həyata keçirilməsi hesabına reaktorun yüklənməsinin orta göstəricisini hiss olunacaq dərəcədə yüksəltmək mümkündür. Həm də reaktorun yüklənmə dərəcəsi nə qədər aşağı götürülürsə, impulsiv rejimlərin tətbiqindən alınan müsbət effekti bir o qədər yüksək olur.

Bu nəticə hidrotəmizləmə prosesinin fiziki-kimyəvi qanunauyğunluqlar əsasında modelləşdirilməsi və həmin model əsasında kompüter eksperimentinin həyata keçirilməsindən alınan ən əsas nəticə kimi diqqəti cəlb edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Юсифов Р.Ю., Мовсумов В.Г., Мамедова Т.К., Нагиев А.Г., Кулиев М.А. Математическое моделирование промышленного процесса гидроочистки нефтяных фракций.// «Азербайджанское нефтяное хозяйство». Баку: 1987, № 7, с. 49-51.
2. Слинько М.Г. Математическое моделирование сложных химических систем. Труды конференции «Химреактор-1V». М.: Наука, 1971, с.184.
3. Матрос Ю. Ш. Каталитические процессы в нестационарных условиях. Новосибирск: Наука, 1987, 322 с.
4. В. Wilson D. C. Sherrington X. Ni, Butylation of Phenylacetonitrile in an Oscillatory Baffled Reactor. Ind. Eng. Chem. Res. 2005; 44:8663–8670.

РЕЗЮМЕ

МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕЖИМЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ

Алиева Ф.А.

Ключевые слова: *Процессы в стационарном слое катализатора, гидроочистка, математическое моделирование, нелинейная динамика, динамические системы с распределенными параметрами*

Разрабатывается математическая модель гидрогенизационных процессов очистки моторных топлив и масел нефтяного происхождения, отражающая их динамические режимы функционирования. Проводится параметрическая идентификация, на основе которой осуществляется вычислительный эксперимент для получения переходных режимов. Ставится задача исследования нестационарных режимов, приводятся переходные режимы, полученные по ряду каналов при колебательном входном воздействии.

SUMMARY

MODEL STUDIES OF HYDROGENATION PROCESSES IN THE REGIME OF VIBRATIONAL LOADING

Aliyeva F.A.

Keywords: *Processes in the fixed bed catalyst, hydrotreating, mathematical modeling, nonlinear dynamics, dynamical systems with distributed parameters*

Developed mathematical model of hydrogenation processes on clean motor fuels and petrol oils, reflecting their dynamic regimes of functioning reflecting their dynamic functioning modes. Parametric identification is carried out on the basis of which the computer experiment for transients. The aim is the study of transient regimes, driven transients obtained for a number of channels of vibration inputs.

Daxil olma tarixi: İlkin variant 05.05.2016
Son variant 27.09.2016

УДК 621.868:621.83.52

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА УСТЬЕ СКВАЖИН

АХМЕДОВА ТАМЕЛЛА АХМЕД ГЫЗЫ

Сумгаитский государственный университет, доцент

¹ГАМИДОВ МУСТАФА ГАМИД ОГЛУ

²АСКЕРОВ ДЖАВИД САЛИМХАН ОГЛУ

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности:

1,2- доцент,

e-mail: tamella.Ahmedova@mail.ru

Ключевые слова: *статические исследования, количественное выражение, параметры, разный уровень, математическое моделирование, забойные параметры диагностирования, сигналы, скважины*

На основе многочисленных статических исследований определены диапазоны частот акустических сигналов, излучаемых различными механизмами буровой установки с целью определения полосы пропускания фильтров системы акустического диагностирования, предназначенных для выделения полезного информационного сигнала.

Получены формулы, характеризующие забойные параметры. Для определения диапазона частот акустических сигналов, излучаемых различными механическими механизмами буровой установки, была выбрана полоса пропускания фильтров разработанной системы, для чего необходимо определять частотные диапазоны измеряемых сигналов.

Разработана математическая модель передачи акустических колебаний от долота по КБТ на устье скважины, а также структура двухканальной системы акустического диагностирования, ориентированная на контроль состояния долота и диагностики износа и поломок зубьев шарошки.

Для уменьшения трудоемкости и стоимости буровых работ необходимо поддержание рациональных режимов бурения, а также максимально ускоренное получение информации об отклонениях в указанных режимах для предотвращения аварий.

Работа буровых механизмов сопровождается механическими вибрациями, большинство которых находятся в акустическом диапазоне и излучаются в окружающее пространство в виде акустических колебаний (звукового шума). Источниками акустических колебаний являются различные механизмы.

Важное значение имеют механические колебания, вызванные ударами режущих зубьев шарошек долота о разбуриваемую породу, в которых заключена полезная информация о состоянии шарошек и параметров режима бурения.

Решение данной задачи позволит не только разработать эффективные алгоритмы контроля и диагностирования, но и создать принципы и методы построения системы диагностирования для определения дефектов в элементах долота, прогнозирования аварийных состояний в процессе бурения. Чрезвычайно существенным при этом является выбор наиболее информативных признаков для описания объекта исследования. Чтобы на устье скважины определить состояние долота в процессе бурения по акустическому

информационному сигналу, следует измерить амплитуду и частоту акустического сигнала.

Разрабатываемая система диагностирования используется при роторном бурении. Она будет принимать те акустические сигналы, которые от долота поступают к роторному столу только через колонну бурильных труб (КБТ). Для определения информационной характеристики этой системы исследована передача акустической энергии к роторному столу по КБТ.

Основной задачей двухканальной информационно-измерительной системы является диагностика состояния долота и ее шарошки на основе приема и анализа акустических колебаний. Акустические волны, получаемые от долота, поступают к роторному столу через последовательно соединенные трубы, которые оказывают акустическому сигналу определенное сопротивление.

Акустическое сопротивление $w = P/V$ является волновым удельным акустическим сопротивлением среды. Соотношение между скоростью частиц и звуковым давлением является важным в акустике и играет такую же роль, как соотношение между током $i(t)$ и напряжением $u(t)$ при движении электрического тока по проводам.

Сопротивление для линий с распределенными параметрами определяется равенством:

$$w = Z = \frac{V(t)}{i(t)} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

где L и C – индуктивность и емкость на единицу длины линии.

Сравнивая соотношения для акустических и электрических сопротивлений, выявим следующую аналогию между акустическим и электрическим волновыми процессами (табл. 1).

Таблица 1

Акустические волны	Волны тока и напряжения
P – давление, (Н/м ²)	$u(t)$ – напряжение, (В)
$V = \xi S$ – объемная скорость, (м ³ /сек)	$i(t)$ – сила тока, (А)
ρ – плотность среды, (кг/м ³)	L – коэффициент самоиндукции на единицу длины, (Гн/м)
C_a – коэффициент сжимаемости, (мс ² /кг)	C – емкость на единицу длины, (Ф/м)

где C – поперечное сечение КБТ; ξ – смещение акустических волн в среде, (м/с).

Принятая аналогия позволяет описывать эти процессы одним и тем же основным уравнением и соотношением, а также определить схему замещения среды для исследования процесса распространения звуковых волн по каналам информации.

Акустические колебания, характеризующие состояние долота и ее шарошки, передаются с забоя на роторный стол через КБТ и глинистый раствор, находящийся с внутренней и наружной стороны этих труб.

Для исследования процесса передачи акустических колебаний долота на роторный стол составим аналого-цепную схему замещения КБТ с учетом ее вращения в глинистом растворе. Для того, чтобы учесть влияние параметров глинистого раствора по длине КБТ, рассматриваем трубу в виде двух плоских стержней, имеющих поперечные размеры, соответствующие поперечному размеру бурильных труб.

В рассматриваемом объекте глинистый раствор, окружающий ее, является средой для передачи акустических волн с забоя на поверхность земли или к роторному столу. Эта среда находится в весьма тяжелых условиях. Учитывая, что в этой среде имеются места

потери по давлению и скорости смещения акустических волн, схемы замещения следует формировать с учетом этих потерь.

Уравнения распространения акустических и электромагнитных волн являются идентичными. Поэтому в схеме замещения за R_0 принимаем часть акустических сопротивлений, характеризующих потери на единицу длины в теле КБТ, (т.е. в стали), а за g_0 – потери по проводимости в глинистом растворе на единицу длины.

Получено выражение для полных акустических сопротивлений и проводимостей.

Исходя из аналогии между процессами распространения акустических и электромагнитных колебаний, выявлено, что для описания процесса передачи энергии акустических колебаний от долота на устье необходимо построить теоретико-цепную модель тракта передачи сигнала – КБТ с учетом межтрубных соединений и условий движения глинистого раствора.

На основе системы дифференциальных уравнений в частных производных для электрических цепей разработана математическая модель передачи акустических колебаний долота по КБТ на устье скважины. Это дает возможность определить акустическую энергию, излучаемую роторным столом в зависимости от соединения долота в процессе бурения.

Для оперативного обнаружения и распознавания изменения состояния долота, в частности, поломки зубьев шарошки, необходимо было в первую очередь контролировать частоту акустических сигналов.

При контроле и диагностике забойных параметров наиболее целесообразным является использование относительного изменения э.д.с. на выходе первичного преобразователя акустических колебаний. Отсюда следует, что при проведении эксперимента использован датчик, который имеет наиболее выраженную линейную частотную характеристику в заданном диапазоне частот, следовательно, обеспечивает минимальное искажение формы воспринимаемого сигнала.

Изучены диапазоны частот акустических сигналов, излучаемых различными механизмами буровой установки с целью определения полосы пропускания фильтров системы акустического диагностирования, предназначенных для выделения полезного информационного сигнала.

Был сделан выбор полосы пропускания фильтров, для чего необходимо определять частотные диапазоны измеряемых сигналов. Получены формулы, характеризующие забойные параметры. Для определения диапазона частот акустических сигналов, излучаемых различными механическими механизмами буровой установки, была выбрана полоса пропускания фильтров разработанной системы, для чего необходимо определять частотные диапазоны измеряемых сигналов. Это позволит решать вопросы выделения полезного сигнала из общего сигнала и тем самым повысить достоверность определения изменения состояния долота на забое (рис. 1).

Определены частотные диапазоны каждого из буровых оборудований и установок. Частота акустических колебаний зубчатых передач определяются по формуле:

$$f_z = \frac{n_1 Z}{60}; \quad f_{ш} = \frac{K_{1ш} n_1 Z_{ш}}{60}$$

где Z – число зубьев колеса; n_1 – частота вращения; $K_{1ш}$ – число шарошек, находящихся в силовом контакте с забоем, который может принимать значения $K_{1ш} = 1 \div 3$; $Z_{ш}$ – число зубьев шарошки.

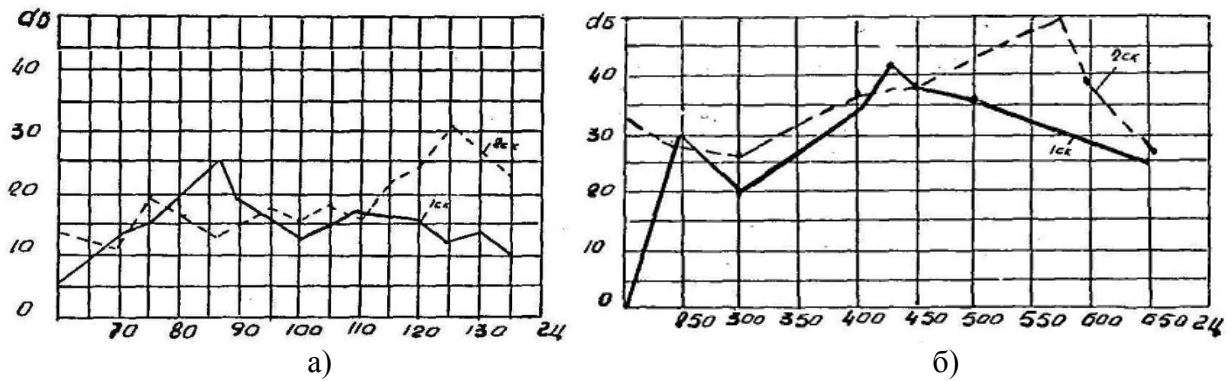


Рис. 1. Спектральные характеристики акустического излучения роторного стола:
а – в области низких частот 70÷130 Гц; б – в области высоких частот 200÷650 Гц

Из построенных характеристик видно, что частоты сигналов, несущих информацию о режиме бурения находятся в двух областях низких частот: 70÷130 и 200÷650 Гц и по уровню отличаются от помех, создаваемых другим оборудованием, примерно на 10-12 дБ.

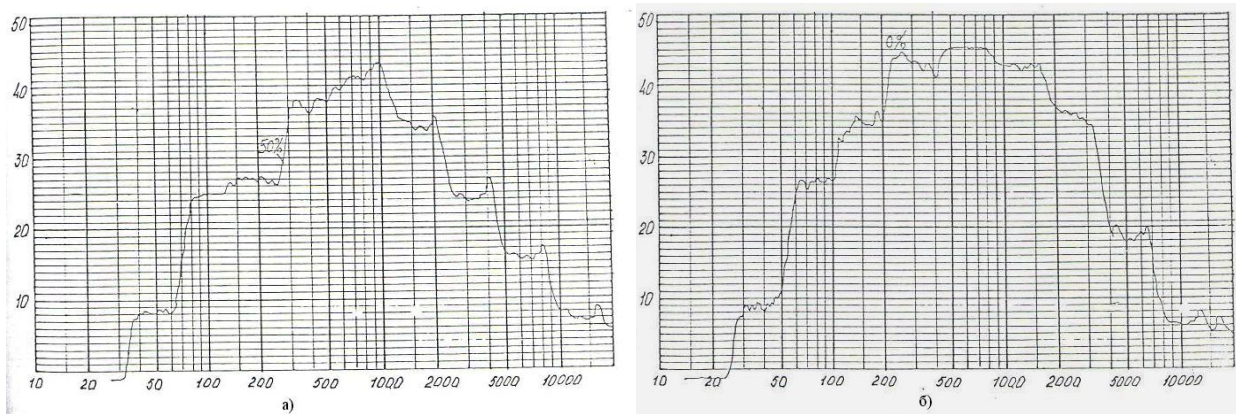


Рис. 2. Степень износа долота:
а - 0% износа долота, б - 50% износа долота

Излучаемый акустический сигнал получает свое максимальное значение на конкретных частотах в каждом диапазоне частот при определенных скоростях роторного стола (рис. 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гамидов М.Г. “Двухканальная информационная система акустического диагностирования забойных параметров при роторном бурении”. Дис. к.т.н (05.11.16). Б.: 1988, с.92-95.
2. Мамедов Ф.И., Гамидов М.Г. К вопросу исследования процесса передачи акустической энергии долота на поверхности земли при бурении. Журнал Изв.вузов «Нефть и газ», № 2, Баку: 1989, с.19-23.
3. Атакишиев Т.С., Гамидов М.Г. Алгоритм контроля состояния долота по числу зубьев. Журнал Изв. вузов «Нефть и газ», № 1, Баку: 1993, с.30-32.
4. Гамидов М.Г., Д.С.Аскеров “Акустический метод контроля бурового долота при бурении нефтяной и газовой скважины”. Материалы международной научной конференции «Нефть-газ, нефтепереработка и нефтехимия» посвященной 90-летнему юбилею АГНА, № 5-6(69-70). Баку: 2010, с.214-216.

XÜLASƏ
AKUSTİK SİQNAL ENERJİSİNİ QUYUNUN AĞZINA ÖTÜRMƏ
PROSESİNİN TƏDQIQI

Əhmədova T.Ə., Həmidov M.H., Əsgərov C.S.

Açar sözlər: statistik tədqiqat, kəmiyyət ifadələri, parametrlər, müxtəlif səviyyə, riyazi metod

Çoxsaylı statistik tədqiqatlar əsasında qazma qurğularının müxtəlif mexanizmlərinin akustik diaqnozlaşdırma sisteminin filtrlərinin buraxma zolağını təyin etmək məqsədi ilə şüalandırdığı faydalı məlumat signalını ayırmaq üçün nəzərdə tutulan akustik siqnalların tezlik diapazonları təyin olunmuşdur.

Akustik rəqsləri baltadan qazıma boruları cərgəsi boyu buruq quyusu ağzına ötürməyin riyazi modeli, həmçinin akustik diaqnozlaşdırmanın ikikanallı sisteminin strukturunun baltanın vəziyyətinin nəzarətinə, yeyilmənin diaqnostikasına və şaroşkanın dişlərinin sınmasının nəzarətinə yönəlmiş riyazi model işlənmişdir.

Qazıma parametrlərini xarakterizə edən düsturlar alınmışdır. Qazıma qurğusunun müxtəlif mexanizmlərinin şüalandırdığı akustik siqnalların tezlik diapazonunu təyin etmək üçün işlənən sistemin filtrlərinin buraxma zolağı seçilmişdir, çünki, ölçülən siqnalların tezlik diapazonlarını təyin etmək zəruridir.

SUMMARY
THE STUDY OF ACOUSTIC SIGNAL ENERGY TRANSFER
PROCESS OVER THE WELLHEAD.

Ahmadova T.A., Hamidov M.H., Asgarov J.S.

Key words: statistical investigations, quantity expressions, parameters, different level, mathematical model

Based on numerous researches in order to determine the various mechanisms of drilling rings acoustic diagnosis system filters zones for separating the useful information signal intended frequency ranges of acoustic signals have been appointed.

Formulas characterizing the drilling parameters have been obtained. To determine the frequency range of the acoustic signals being emitted by various mechanical mechanisms of drilling rings the bandpass filter system was chosen, which to determine the frequency ranges of measured signals is necessary.

The mathematical model for the transmission of acoustic vibrations from the bit on CBT along the well drill pipes and the structure of acoustic diagnostics two-channel system focused on the control and diagnostics of the state of the bit wear and tear of teeth cutter.

Daxil olma tarixi:	İlkin variant	21.04.2016
	Son variant	27.09.2016

УДК 621.774.35

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИКИ ГЛАВНОГО ПРИВОДА НА ПРОЦЕСС ВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ**РАХМАНОВ СУЛЕЙМАН РАХМАНОВИЧ***Национальная металлургическая академия Украины, доцент***АБДУЛЛАЕВ ГУРБАН САДЫХ оглу***Сумгаитский государственный университет, доцент**e-mail: Abdullayev.qs@bk.ru, npfvostok@mail.ru*

Ключевые слова: *прошивной стан, главный привод, механизм установки валков, динамика, дифференциальное уравнение, очаг деформации, угол подачи, колебания, устойчивость.*

Приведены результаты исследования линии привода стана винтовой прокатки труб с учетом изменения угла подачи рабочих валков и параметров, определяющих влияние очага деформации. Установлены особенности поведения главного привода прошивного стана трубопрокатного агрегата (ТПА) и представлены результаты анализа динамики системы «линия привода – рабочий валок–заготовка». Получены дифференциальные уравнения движения приводной линии для выбранной обобщенной динамической модели стана винтовой прокатки труб и механизма установки валков с учетом изменения угла подачи рабочего валка. Выбраны критерии функционирования приводной линии в виде критерия устойчивости Рауса-Гурвица. Построена карта устойчивости функционирования главного привода для обобщенной динамической модели стана винтовой прокатки труб с учетом угла подачи рабочего валка. Показано, что реализация устойчивого технологического процесса прошивки возможна путем обеспечения рациональных параметров динамической системы, в частности, сил сопротивления очага деформации, элементов главного привода и механизма установки рабочих валков.

Введение. Одним из путей повышения производительности станов винтовой прокатки (прошивных станов) трубопрокатного агрегата (ТПА) и качества выпускаемых труб является реализация устойчивых режимов работы главного привода и рациональных углов подачи рабочих валков [1, 2].

Очевидно, что реализация режимов увеличения скорости прошивки достигается как за счет повышения числа оборотов рабочих валков, так и путем увеличения угла наклона оси рабочего валка в горизонтальной плоскости (угла подачи). Устойчивое ведение технологического процесса обеспечивается путем снижения осевого скольжения и увеличения шага подачи при прошивке заготовки или раскатке гильзы. Повышение шага подачи при винтовой прокатке труб, как правило, приводит к уменьшению частных обжатий и, соответственно числа знакопеременных деформаций заготовки или гильзы в очаге деформации. Создание необходимых условий интенсификации преимущественно достигается установкой рациональных углов подачи рабочих валков. Это способствует снижению вероятности внутреннего разрушения металла, являющегося основной причиной появления плен на внутренней поверхности гильз (труб) [3].

Необходимо отметить, что увеличение угла подачи рабочих валков при прошивке или раскатке обеспечивает также повышение стойкости оправок из-за снижения контактных напряжений и времени их нахождения в очаге деформации. Однако, как показывает опыт эксплуатации прошивных станов №1 и №2 ТПА 350, в данных условиях

выпуск высококачественных труб с требуемыми геометрическими размерами в соответствии с ГОСТ, техническими условиями и другими стандартами обуславливает необходимость в дополнительных исследованиях функционирования тяжело нагруженного технологического оборудования. Следовательно, при этом особое внимание на себя обращает факт повышения виброактивности приводной линии и стержневой системы механизма удержания оправки при повышенных углах подачи рабочих валков [4]. Более того, форсирование существующих скоростных режимов прошивки заготовок в гильзы зачастую приводит к развитию значительных параметрических колебаний в системе и нарушению устойчивости протекания технологического процесса.

Постановка задачи. Конструктивные особенности шарнирного соединения универсального шпинделя, используемого в линии привода трубопрокатных станов для передачи вращения от шестеренной клетки к рабочим валкам, не исключают возможность поворота валков в барабане в пределах ограниченного угла вокруг осей, перпендикулярных к оси валка, и смещений приводных валов [4, 5]. Поэтому из-за неточности изготовления и погрешностей шарниров, получающихся в результате осуществления сборки сложной цепи линии привода, а также в результате интенсивного износа узлов, возникает возможность свободного поворота оси валка в пределах зазоров, присущих всему механизму. Перемещение оси валка фиксировано в направлении от барабана и не стеснено при повороте барабана в пределах зазора его зацепления.

Раскрытие этого зазора может в определенной мере препятствовать момент, обусловленный наличием силы давления \bar{p}_z и трения $\bar{\tau}_z$, которые распределены по площадке контакта с заготовкой (рис. 1). Однако, при некоторых условиях воздействия средних значений сил, давления \bar{p}_z и трения $\bar{\tau}_z$ уравниваются друг друга. Поэтому раскрытию зазоров в цепи поворота валков существенных препятствий нет. Заметим, что с изменением угла подачи рабочих валков β размеры очага деформации меняются. Если β уменьшается, то возрастает протяженность очага деформации и уменьшается его ширина; если β увеличивается, то наблюдается обратная картина. В данных условиях наклон вектора силы трения носит колебательный характер в очаге деформации.

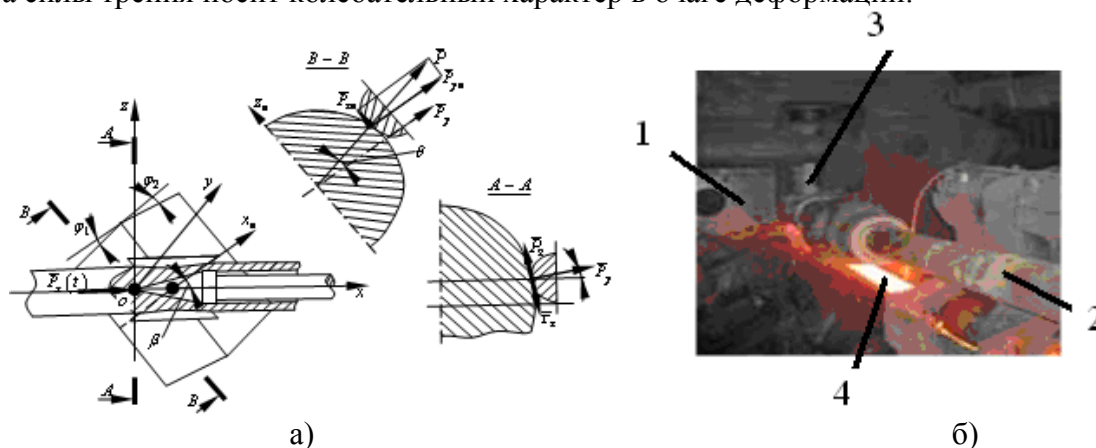


Рис. 1. Процесс прошивки трубной заготовки на стане винтовой прокатки труб: а – очаг деформации в процессе прошивки; б – процесс прошивки трубной заготовки

Метод решения задачи. Подробное представление этого процесса показывает, что в момент захвата заготовки валками нормаль к площадке контакта валок-заготовка смещена на угол θ от оси OY_g (ось OY_g перпендикулярна оси симметрии OX_g и лежит в

плоскости, проходящей через ось OY). Очевидно, угол θ определяется согласно [6] из следующего соотношения

$$R \sin \theta = \ell \sin \beta.$$

Здесь R – радиус валка в месте касания заготовки, ℓ – длина очага деформации в конусе прошивки.

При смещении контактной площадки на малый угол θ достигается совпадение осей при прохождении заготовки через пережим линии контакта с осью OY . Центр проекции площадки контакта системы "валок-заготовка" на плоскость, перпендикулярную к оси OY , находится в зоне прошивки, так что расстояние между осью поворота и вертикалью, проходящей через точку приложения равнодействующей контактных напряжений, отлично от нуля. При этом ось поворота барабана с валком в рабочей клетке зафиксирована не жестко, в силу конструктивных недостатков механизма установки валка (рис. 2).

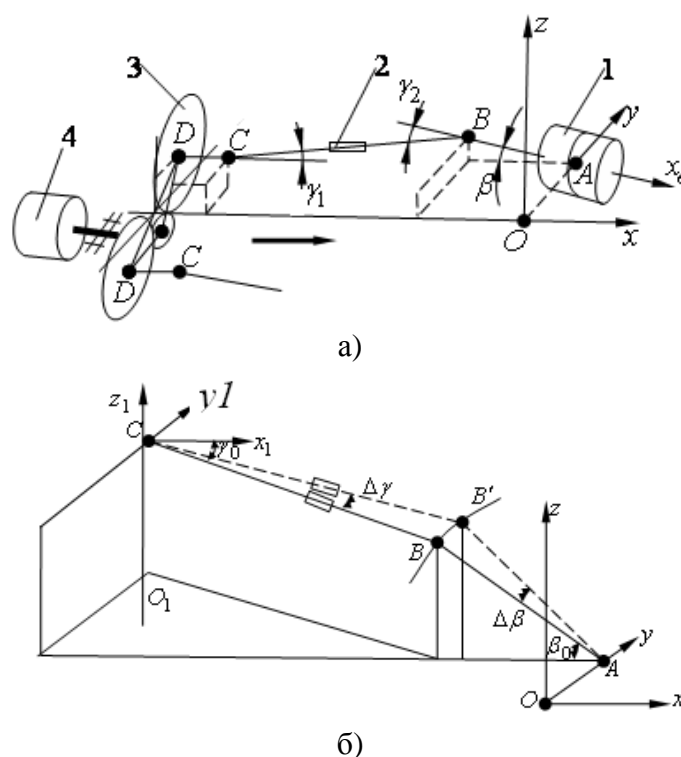


Рис. 2. Схема расположения элементов главного привода стана винтовой прокатки труб а) и отклонения элементов трансмиссии б)

В таких условиях, возможно, имеет место отклонение угла подачи валка от своего среднего положения β_0 . Следовательно, в данном случае

$$\beta = \beta_0 \pm \Delta\beta \quad (1)$$

$$\gamma = \gamma_0 \pm \Delta\gamma \quad (2)$$

Уравнения колебаний системы "промежуточный вал – вал валка" относительно горизонтальной оси имеют вид

$$\begin{cases} I_{\text{нв}} \frac{d^2 \Delta\gamma}{dt^2} = F_a \dot{\alpha}_1 - P_c a_1 \cos \gamma; \\ I_{\text{ав}} \frac{d^2 \Delta\beta}{dt^2} = F_z \xi - F_a a_2 - P_a \dot{\alpha} \cos \beta, \end{cases} \quad (3)$$

где $I_{\dot{\alpha}_y}$ – экваториальный момент инерции валка; $I_{\dot{\alpha}_y}$ – экваториальный момент инерции промежуточного вала относительно шарнирного крепления в точке C ; F_a – сила, приложенная к промежуточному валу со стороны вала валка в шарнире B ; D_n и D_a – силы тяжести промежуточного вала линии привода и валка вместе с барабаном соответственно; e – проекция эксцентриситета приложения силы D_a на ось, параллельную OX_e ; F_z – проекция на ось OZ равнодействующей сил давления и трения в очаге деформации; ξ – часть длины зоны прошивки очага деформации – плечо силы F_z относительно пережима рабочих валков.

Из геометрических соображений для малых углов подачи β ($\beta \leq 12^\circ$) и угла γ , пренебрегая величинами, содержащими изменение длины a_1 , получим

$$\Delta\gamma = \Delta\beta \frac{\dot{\alpha}_2}{\dot{\alpha}_1}.$$

Подставляя последнее в первое уравнение системы (3) путем исключения из уравнений системы F_z , имеем

$$\begin{aligned} \left(I_{\dot{\alpha}_y} - I_{\dot{\alpha}_y} \frac{\dot{\alpha}_2^2}{\dot{\alpha}_1^2} \right) \frac{d^2 \Delta\beta}{dt^2} + \left(D_a \dot{\alpha} \sin \beta_0 + P_n a_2^2 \frac{\sin \gamma_0}{a_1} \right) \Delta\beta = \\ = F_{z0} \xi_0 - P_n a_2 \cos \gamma_0 - P_a e \cos \beta_0. \end{aligned} \quad (4)$$

Силы, приводящие к колебаниям валков относительно оси OY , передаются очагу деформации в результате перераспределения общей энергии линии привода. Очевидно, при этом требуется составить уравнение вращения линии привода с учетом гироскопических явлений в системе. В результате колебаний оси симметрии валка OX_e , в барабане появляется гироскопический момент, что вызывает определенные силы реакции подшипниковых опор валка, направленный перпендикулярно плоскости OYZ_e . Следовательно, гироскопический момент рабочих валков определяется в виде

$$\dot{I}_{\dot{\alpha}} = I_a \omega \frac{d\Delta\beta}{dt} \sin \alpha \left[1 - (I_a - I_1) \frac{d\Delta\beta}{dt} \cos \alpha / (I_a \omega) \right], \quad (5)$$

где I_a – осевой момент инерции валка; I_1 – сумма экваториального момента инерции валка и осевых моментов цепи разворота валка с барабаном; α – угол между осями OY и OX_e (рис. 2).

Вследствие передачи дополнительного гироскопического момента M_z валком, нормальная составляющая контактного взаимодействия «валок-заготовка» воспринимает малую составляющую колебательного характера. Таким образом, крутящий момент пары сил, действующий на валки, получает дополнительную гироскопическую составляющую δM .

$$\delta M = M_a \eta / L, \quad (6)$$

где L – расстояние между подшипниковыми опорами валка, η – плечо равнодействующей силы от давления металла на валки.

Отметим, что движение привода стана в этом случае описывается следующим уравнением

$$(I_0 + I_a i) \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + I_a i \frac{di}{d\varphi} \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 = M_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} - i (M_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} + \delta \dot{I}). \quad (7)$$

Здесь I_0 – приведенный к ведущему валу шпинделя момент инерции масс линии привода стана, φ – угол поворота ведущего вала шпиндельного устройства; $M_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}$ – движущий

момент привода рабочих валков; $M_{\bar{m}\bar{i}\bar{\delta}}$ – постоянный момент сопротивления привода валков; $\delta \dot{I}$ – дополнительная гироскопическая составляющая момента систем привода; i – переменное в течение цикла передаточное отношение шпиндельного устройства линии привода, определяемое согласно [7] в виде

$$i = AB(1 + tg^2 \varphi) / [A^2 tg^2 \varphi + (B - C tg^2 \varphi)^2], \quad (8)$$

Где

$$B = \cos \gamma_1 [1 + tg^2 (\theta_\phi - \delta_\delta) \cos^2 \gamma_2];$$

$$C = \sin^2 \gamma_2 tg (\theta_\phi - \delta_\delta),$$

$$A = \cos \gamma_2 [1 + tg^2 (\theta_\phi - \delta_\delta)];$$

γ_1, γ_2 – углы между ведущим валом и промежуточным и между промежуточным и ведомым соответственно (рис. 2), $\gamma_i \leq 20^\circ$, $i = 1, 2$; θ_ϕ – угол, на который смещена вторая вилка промежуточного вала относительно первой в сторону вращения шпинделя; δ_p – угол, на который отклонен ведомый вал от плоскости, проведенной через ведущий и промежуточный валы $\theta_\phi - \delta_\delta \approx 0$. Учитывая порядок коэффициентов A, B, C , можно принять

$$A = 1 + E_1, \quad B = 1 + E_2; \quad C = E_3, \quad \text{где } E_i \ll 1, \quad i = 1, 2, 3.$$

Следовательно, выражение (8) можно представить в преобразованном виде:

$$i = 1 - (E_1 - E_2) + (E_1 - E_2) \cos 2\varphi + E_3 \sin 2\varphi. \quad (9)$$

Для главного привода прошивного или раскатного станков применяются электродвигатели постоянного тока и независимого возбуждения, механическая характеристика которых представлена согласно [7]

$$\dot{I}_{\bar{a}\bar{a}} = \dot{I}_{\bar{a}\bar{a}}^0 - k \left(\omega_0 - \frac{d\varphi}{dt} \right), \quad (10)$$

где ω_0 – скорость идеального холостого хода электродвигателя.

Таким образом, при установившемся процессе движения системы должно выполняться условие

$$\int_0^{2\pi} \left(\dot{I}_{\bar{a}\bar{a}}^0 - k(\omega_0 - \dot{\varphi}) - \dot{I}_{\bar{m}\bar{i}\bar{\delta}}^0 i - I_a i \frac{di}{d\varphi} \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \right) d\varphi = 0 \quad (11)$$

Из выражения (11) определяется значение k – тангенса угла наклона статической характеристики двигателя к оси вектора угловой скорости. Заметим, что хотя элементам главного привода станков присуща характерная неравномерность вращения, но ее величина мала по сравнению со средней угловой скоростью системы. Представим скорость вращения $\dot{\varphi}$ привода в виде:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega + \phi, \quad (12)$$

где ω – средняя угловая скорость привода, ϕ – малая периодическая поправка. Используя выражения (11) и (12) с точностью до величин, содержащих $\dot{A}_i^2, E_i, \phi, \delta M$, получим следующее значение параметра

$$k = \left(\dot{I}_{\bar{a}\bar{a}}^0 - i \dot{I}_{\bar{m}\bar{i}\bar{\delta}}^0 \right) / (\omega_0 - \omega) \quad (13)$$

Учитывая малость параметра поправки, $\Delta\dot{\varphi}$ заменим угол поворота φ его средним значением $\varphi = \omega t$. Следовательно, в этом случае с учетом выражений (9) и (13) уравнение (7) преобразуется и приводится к виду

$$\frac{dy}{dt} + [\mu + \nu \cos 2(\omega t + \psi)] y + q \frac{d\Delta\beta}{dt} = (\not\leftarrow \bar{M}_{\bar{m}\bar{i}\bar{\delta}}^0 \not\rightarrow - \dot{I}_{\bar{m}\bar{i}\bar{\delta}}^0) / (I_0 + iI_a). \quad (14)$$

Здесь введена новая переменная $y = \Delta\dot{\varphi}$, произведена линеаризация выражения $\dot{\varphi}^2 = \omega^2 + 2\acute{o}$. Тогда коэффициенты уравнения (14) соответственно имеют вид

$$\not\leftarrow \bar{M}_{\bar{m}\bar{i}\bar{\delta}}^0 \not\rightarrow = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \dot{I}_{\bar{m}\bar{i}\bar{\delta}}^0 d\varphi; \quad \mu = k / (I_0 + iI_a); \quad \nu = 4I_a \dot{A}_3 \omega / (I_0 + iI_a);$$

$$q = I_a \omega \eta \sin \alpha / (I_0 + iI_a) c; \quad \operatorname{tg} 2\psi = (E_1 - E_2) / E_3.$$

Исследуем решение системы уравнений (7) и (14) на устойчивость. Квазистационарный режим движения механической системы в данном случае представляем в виде

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega + \acute{o}_0; \quad \beta = \beta_0,$$

где \acute{o}_0 – изменение (разброс) средней величины угловой скорости ω , известное в механике как неравномерность хода, которая обусловлена переменным за цикл передаточным отношением универсального шпинделя главного привода.

При выполнении условия (11) неравномерность движения линии привода и рабочих валков описывается системой уравнений

$$\begin{cases} \frac{d\acute{o}_0}{dt} + [\mu + \nu \cos 2(\omega t + \psi)] y_0 = [M_{aa} - \dot{I}_{\bar{m}\bar{i}\bar{\delta}} - 2I_a \dot{A}_3 \omega^2 \cos 2(\omega t + \psi)] / (I_0 + iI_a); \\ F_z \xi - P_c a_2 \cos \gamma_0 - D_a e \cos \beta_0 = 0. \end{cases} \quad (15)$$

Заметим, что момент $M_{\bar{m}\bar{i}\bar{\delta}}^0$ уменьшается с увеличением угловой скорости ω и увеличивается с возрастанием угла подачи β . На это указывают многочисленные экспериментальные исследования линии привода и рабочей клетки прошивных станков [3]. Следовательно, для малых отклонений величин угловой скорости и угла подачи рабочих валков можем записать следующее:

$$M_{\bar{m}\bar{i}\bar{\delta}}^0 = M^0(\omega\beta_0) - M'_\omega y + M'_\beta \Delta\beta.$$

В данной постановке задачи следует принимать, что момент равнодействующей сил трения и давления относительно оси ОУ изменяется в зависимости от угловой скорости ω и величины угла подачи β .

При исследовании устойчивости стационарного движения привода валков согласно [8] полагаем, что цепь поворота рабочих валков находится под действием сил сопротивления со стороны очага деформации, момент которого обозначим $\tilde{h} \left(\frac{d\Delta\beta}{dt} \right)$.

Линеаризованные дифференциальные уравнения для отклонений угла подачи валка $\Delta\beta$ и параметра y имеют вид

$$\begin{cases} \frac{d\acute{o}}{dt} + [\mu + \nu \cos 2(\omega t + \psi)] \acute{o} + q \frac{d\Delta\beta}{dt} + S\Delta\beta = 0, \\ \frac{d^2\Delta\beta}{dt^2} + h' \frac{d\Delta\beta}{dt} + \Omega^2 \Delta\beta = m'_{\omega} y. \end{cases} \quad (16)$$

Здесь введены следующие обозначения параметров системы

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \mu - M'\omega / (I_0 + I_{\hat{a}i}); \quad S = M'_{\beta} / (I_0 + iI_{\hat{a}}); \quad q \frac{d\Delta\beta}{dt} = \delta M / (I_0 + iI_{\hat{a}}); \\ \Omega^2 &= (-P_c a_2^2 \sin \gamma_0 / a_1 + P_{\hat{a}} e \sin \beta_0) / (I_{\acute{a}\psi} - I_{\acute{m}\psi} \dot{a}_2^2 / \dot{a}_1^2) - m'_{\Delta\beta}; \\ \tilde{h} / (I_{\acute{a}\psi} - I_{\acute{m}\psi} \dot{a}_2^2 / \dot{a}_1^2) &= h' \Delta\beta; \quad m(y\Delta\beta) = F_{z\xi} / (I_{\acute{a}\psi} - I_{\acute{m}\psi} \dot{a}_2^2 / \dot{a}_1^2) = \\ &= m^0(\omega\beta) + m'_{\Delta\beta} \Delta\beta + m'_{\omega} y. \end{aligned}$$

Дифференцируя второе уравнение системы уравнений (16) и подставив его в первое, окончательно получим дифференциальное уравнение третьего порядка для определения изменения угла подачи рабочего вала $\Delta\beta$ в виде

$$\begin{aligned} \frac{d^3\Delta\beta}{dt^3} + [h' + \mu_1 + \nu \cos 2(\omega t + \psi)] \frac{d^2\Delta\beta}{dt^2} + [\Omega^2 + qm'_{\omega} + h' \mu_1 + h' \nu \cos 2(\omega t + \psi)] \frac{d\Delta\beta}{dt} + \\ + [Sm'_{\omega} + \Omega^2 \mu_1 + \Omega^2 \nu \cos 2(\omega t + \psi)] \Delta\beta = 0. \end{aligned} \quad (17)$$

Если в дальнейшем принимается во внимание, что $\Delta\beta$ и ее производные – медленно меняющиеся функции, т.е. их приращения за время π/ω малы, тогда тригонометрическая параметрическая функция влияния $\cos 2(\omega t + \psi)$ успевает за это время выполнить полный цикл изменения. При изучении общего характера реализации технологического процесса можно игнорировать некоторые незначительные подробности, относящиеся к движению системы в пределах одного цикла. При этом по процедуре заменим быстроизменяющуюся переменную ее средним значением $\int_0^{\pi} \cos 2\varphi d\varphi = 0$.

Тогда для рассматриваемой динамической модели задачи получим соответствующее дифференциальное уравнение третьего порядка с постоянными коэффициентами в виде:

$$\frac{d^3\Delta\beta}{dt^3} + (h' + \mu_1) \frac{d^2\Delta\beta}{dt^2} + (\Omega^2 + qm'_{\omega} + h' \mu_1) \frac{d\Delta\beta}{dt} + [Sm'_{\omega} + \Omega^2 \mu_1] \Delta\beta = 0. \quad (18)$$

Согласно уравнению (18) и критериям Рауса-Гурвица следует отметить, что устойчивость работы линии привода и процесса прокатки гильзы на станах винтовой прокатки согласно (18) характеризуется следующими необходимыми и достаточными условиями

$$\begin{aligned} h' + \mu_1 > 0; \quad \Omega^2 + qm'_{\omega} + h' \mu_1 > 0; \\ h' \mu_1 + h' (\Omega^2 + \mu_1^2 + qm'_{\omega}) + \mu_1 qm'_{\omega} - Sm'_{\omega} > 0. \end{aligned} \quad (19)$$

Из первых двух условий (19) следует, что должно выполняться следующее обобщенное условие:

$$h' + (\Omega^2 + qm'_\omega + \mu_1^2) / 2\mu_1 > 0. \quad (20)$$

Последнее условие (19) с учетом (20) принимает вид

$$h' + (\Omega^2 + qm'_\omega + \mu_1^2) / 2\mu_1 - \sqrt{(\Omega^2 + qm'_\omega + \mu_1^2)^2 - 4\mu_1^2 qm'_\omega + 4S\mu_1 m'_\omega} / 2\mu_1 > 0. \quad (21)$$

Выбирая параметр таким образом, чтобы выполнялось второе условие (19) и условие (21), можно реализовать устойчивую работу привода валков и рабочей клетки прошивного стана ТПА.

Результаты теоретических исследований динамической модели стана винтовой прокатки труб ТПА 140 и ряда численных экспериментов позволили определить устойчивые режимы работы приводного механизма, а так же рабочих валков с барабанами в ходе реализации процессов прошивки трубных заготовок в гильзы с заданными размерами (рис. 3).

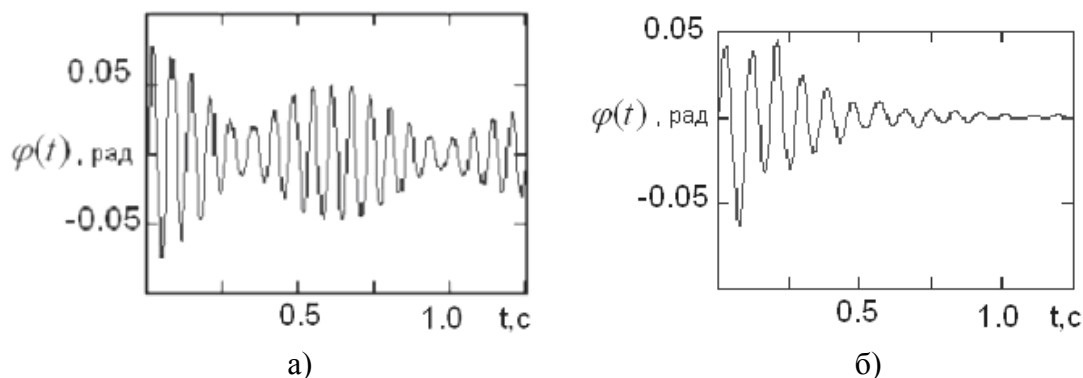


Рис. 3. Динамика линии привода прошивного стана ТПА 140: а) $n = 100$ об/мин; б) $n = 120$ об/мин; $\gamma_1 = 0,3$ рад; $\gamma_2 = 0,18$ рад; $\theta_p = 0,12$ рад; $\Psi_p = 0,12$ рад

Экспериментальными исследованиями условий функционирования главного привода и рабочей клетки прошивного стана ТПА установлено, что угол подачи рабочих валков целесообразно реализовать в пределах $10^\circ - 12^\circ$. Обобщая некоторый опыт эксплуатации прошивного стана №1 ТПА 350, можно указать на необходимость надежной установки и фиксации рабочих валков на требуемую величину угла подачи соответствующими механизмами. При прокатке труб из нержавеющей стали типа 08X18H10T, а также из особо трудно деформируемой и низкопластичной стали 10X17H13M2T на прошивном стане ТПА 350 с реализацией рациональных углов подачи в пределах $10^\circ 30' - 11^\circ 30'$ достигнуты положительные результаты. В частности, анализ данных по качеству бесшовных труб из стали 08X18H10T показал заметное увеличение качества выпускаемых труб.

Для обобщенной динамической модели прошивного стана по методике И.А. Вышегородского, согласно [8], построены области устойчивого движения главного привода и функционирования валков с барабанами в рабочей клетке. Параметры, присущие самой схеме винтовой прокатки, соответствующие области устойчивости функционирования элементов линии привода и рабочей клетки станом, целесообразно выбрать по карте устойчивости движения механической системы (например, прошивной стан ТПА 350 рис.4, заштрихованная часть).

Например, в настоящее время при прошивке труб из заготовок 08X18H10T диаметром 250 мм на первом прошивном стане ТПА 350 с учетом модернизации оборудования главного привода и рабочей клетки технологическим процессом предусмотрена установка рекомендуемых углов подачи рабочих валков $10^\circ 30' \div 11^\circ$, а для заготовок из различных углеродистых сталей диаметром до 270 мм $11^\circ - 11^\circ 30'$. Применением рекомендуемых величин угла подачи ($10^\circ 30' \div 11^\circ 30'$) и соответствующей

частоты вращения главного привода (90...120 об/мин) в условиях эксплуатации прошивного стана, возможно достичь повышение качества гильз.

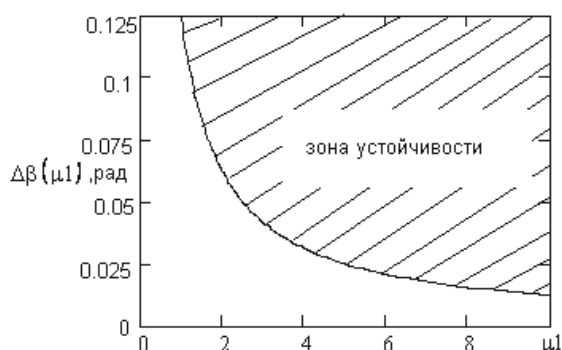


Рис. 4. Карта устойчивости функционирования главного привода прошивного стана ТПА 350

Следует отметить, что, при этом наблюдается заметное снижение виброактивности элементов линии привода рабочих валков прошивного стана ТПА 350. Однако дальнейшее увеличение углов подачи рабочих валков и повышения частоты вращения линии привода приводит к повышению динамики всей трансмиссии. Стабилизация уровня динамичности в системе «линия привода – рабочий валок» обеспечивается путем введения специальных мер по активному подавлению колебаний элементов приводной линии.

Выводы

1. Выявлены особенности поведения главного привода прошивного стана ТПА и представлены результаты анализа динамики системы «линия привода – рабочий валок – заготовка».

2. Получено дифференциальное уравнение движения приводной линии для обобщенной динамической модели стана винтовой прокатки труб с учетом изменения угла подачи рабочего вала совместно, что отличает данную работу от ранее известных.

3. Выбраны необходимые критерии устойчивости функционирования приводной линии с учетом угла подачи рабочего вала и построена карта устойчивости функционирования главного привода для обобщенной динамической модели стана винтовой прокатки труб.

4. Показано, что реализация устойчивого технологического процесса на прошивном стане возможна путем обеспечения необходимых режимов работы линии привода и угла подачи рабочих валков.

5. Определены рациональные величины углов подачи рабочих валков ($10^{\circ}30' \div 11^{\circ}30'$), с реализацией которых на прошивном стане ТПА 350 возможно будет достигнута стабилизация динамики привода, снижение разностенности гильз и повышение точности прокатываемых труб.

5. Полученные результаты могут послужить руководством к выбору рациональных параметров динамической модели станом при реализации новых режимов прокатки труб, связанных как с назначением необходимых углов подачи рабочих валков, так и выбором характеристик главного привода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данченко В.Н. Технология трубного производства. Учебник для вузов. /В.Н. Данченко, А.П. Коликов, Б.А. Романцев, С.В. Самусев. М.: Интермет - Инжиниринг, 2002, 640 с.
2. Емельяненко П.Т. Теория кривой и пилигримовой прокатки. М.: Металлургиздат, 1949, 491 с
3. Чекмарев А.П. Интенсификация поперечно-винтовой прокатки. /Чекмарев А. П., Матвеев Ю. М., Выдрин В. Н., Финкельштейн Я. Е. М.: Металлургия, 1970, 184 с.

4. Потапов И.Н. Новая технология винтовой прокатки./ Потапов И.Н., Полухин П.И. // – М.: Металлургия, 1975, 343 с.
5. Тетерин П. К. Теория поперечно-винтовой прокатки. М.: Металлургия, 1971. 348 с
6. Соловейчик П.М. Трубопрокатные агрегаты с автомат-станом. М.: Металлургия, 1967, 160 с
7. Кожевников С.Н. Карданные передачи./ С.Н. Кожевников, П.Д. Перфильев // – Киев.: Техника, 1978, 263 с.
8. Неймарк Ю.И. Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний. М.: Наука, 1972, 274 с.

XÜLASƏ
BAŞ İNTİQALIN DİNAMİKASININ VİNTVARI BORUYAYMA PROSESİNƏ
TƏSİRİNİN TƏDQIQI
Rəhmanov S.R., Abdullayev Q.S.

Açar sözlər: dəşici stan, baş intiqal, valların yerləşdirilməsi mexanizmi, dinamika, diferensial tənlik, deformasiya mənbəyi, verilmə bucağı, dayanıqlılıq.

Vintvari boruyayma stanında intiqal xəttinin, işçi valların verilmə bucağına və deformasiya mənbəyinə təsir edən parametrlərin dəyişməsinə nəzərə alan tədqiqatın nəticələri verilmişdir. Boruyayma aqreqatında (BYA) dəşici stanın intiqalının xüsusiyyətləri və “intiqal xətti-işçi vallar-pəstah” sistemi dinamikasının təhlil olunma nəticələri göstərilmişdir. Vintvari boruyayma stanında intiqal xətti və valların yerləşdirilmə mexanizminin hərəkətini müəyyən edən diferensial tənliklər alınmışdır. Raus-Qurvitsin dayanıqlıq kriteriyasına uyğun olan intiqal xəttinin istismar kriteriyası seçilmişdir. İşçi valların verilmə bucağını nəzərə alan vintvari boruyayma stanının intiqalının dinamik modelinin dayanıqlı istismar olunma kartı çəkilmişdir. Göstərilmişdir ki, boruyayma prosesinin dayanıqlı aparılması üçün dinamik sistemin (deformasiya mənbəyinin müqavimət qüvvəsi, baş intiqalın elementləri və valların yerləşdirilməsi) səmərəli təmin olunması ilə mümkündür.

SUMMARY
STUDY OF INFLUENCE ON A PROCESS OF SCREW ROLLING PIPES
OF MAIN DRIVE DYNAMICS
Rahmanov S.R., Abdullayev Q.S.

Key words: parsing camp, main drive, mechanism of installation of rolls, dynamics, differential equation, deformation center, angle of giving, fluctuation, stability

Results of research of the driving line of a camp of screw rolling of pipes taking into account change of an angle of giving of the working rolls and parameters defining influence of the center of deformation are given. Features of behavior of the main drive of a parsing camp of the pipe-rolling unit (TRU) are revealed and results of the analysis of dynamics of system "the line of the drive – a working roll preparation" are presented. The differential equation of the movement of the driving line for the chosen generalized dynamic model of a camp of screw rolling of pipes taking into account change of an angle of giving of a working roll is received that distinguishes this work from earlier known. Criteria of functioning of the driving line in a look criterion of stability of Rausa-Gurvits are chosen. The card of stability of functioning of the main drive for the generalized dynamic model of a camp of screw rolling of pipes taking into account the angle of giving of a working roll is constructed. It is shown that realization of steady technological process of an insertion is possible by ensuring rational parameters of dynamic system, in particular forces of resistance of the center of deformation, elements of the main drive and mechanism of installation of working rolls.

Daxil olma tarixi:	İlkin variant	02.05.2016
	Son variant	27.09.2016

UOT 677-487.5.23

YÜNGÜL SƏNAYE MÜƏSSİSƏLƏRİNDƏ KEYFİYYƏT MENECMENTİ SİSTEMİNİN FUNKSIONAL-STRUKTUR ANALİZİ METODUNUN İŞLƏNMƏSİ

¹MUSAYEVA TƏRANƏ TAHİR qızı

²NURİYEV MƏHƏMMƏD NÜRƏDDİN oğlu

Azərbaycan Dövlət İqtisad Unibersiteti: 1- müəllim, 2- professor

e-mail: taranamusayeva@mail.ru

Açar sözlər: *yüngül sənaye, struktur bölmələri, texnoloji proseslər, funksional-struktur analizi, çəkilən xərclər*

Yüngül sənaye müəssisələrinin struktur bölmələrində proseslərin əhəmiyyətliyi qiyətləndirilməsinə baxılmışdır. Struktur bölmələri proseslərinin funksional-dəyər analizini aparmaq üçün metodoloji təminat işlənmişdir. Keyfiyyət menecmenti sisteminin funksional-struktur analizi aparılmış və proseslərə çəkilən xərclərin təyini metodu işlənmişdir. İşlənmiş metodika yaxşılaşdırılmasına ehtiyac olan texnoloji prosesləri aşkar etməyə imkan yaradır.

Azərbaycanın yüngül sənaye müəssisələrində keyfiyyət menecmenti sisteminin (KMS) tətbiqi təcrübəsi göstərir ki, istehsalın səmərəliliyinin təmin edilməsində struktur bölmələrinin rolu və əhəmiyyətliyi fərqlidir. Eyni zamanda müəssisələrin struktur bölmələrində həyata keçirilən texnoloji proseslərin də KMS-nin səmərəliliyinə təsiri müxtəlifdir [1, 2]. Odur ki, yüngül sənaye müəssisələrində KMS-nin səmərəliliyinin təmin edilməsi üçün struktur bölmələri texnoloji proseslərin əhəmiyyətliyi qiyətləndirilməsi böyük praktiki əhəmiyyətə malikdir [3].

Məlumdur ki, yüngül sənaye müəssisələri texnoloji proseslərin yaxşılaşdırılması üçün böyük səylər göstərir. Aydındır ki, proseslərin yaxşılaşdırılması üçün səmərəli təkliflərin işlənməsi və tətbiq olunması uzun zaman və ciddi maliyyə resursları tələb edir [2,4]. Ona görə də texnoloji proseslərin yaxşılaşdırılması yolları ciddi təhlil olunmalı, öyrənilməli və müvafiq investisiya qərarından əvvəl yaxşılaşdırılma tədbirlərinin səmərəliliyi qiyətləndirilməlidir.

Yüngül sənaye müəssisələrində struktur bölmələrinin texnoloji proseslərini yaxşılaşdırmaq məqsədilə funksional dəyər analizi (FDA) aparılır. FDA-nin aparılması zamanı proseslərin və onlara çəkilən xərclərin əhəmiyyətliyi bal şkalası ilə müqayisə əsasında qiyətləndirilir [5, 6].

Bu üsulun əsas çatışmazlığı – əhəmiyyət meyarının təyin edilməsindəki qeyri-müəyyənlikdir.

Proseslərin iyerarxiyasının analizi. Struktur bölmələri proseslərinin əhəmiyyətinin qiyətləndirilməsini iyerarxiya analizi metodu və blok-sxemi (şəkil 1-də göstərilən alqoritm) əsasında aparmaq təklif olunur. Qiyətləndirmə aşağıdakı ardıcılıqla həyata keçirilməlidir:

1. Analizin məqsədi təyin olunur. Analizin məqsədi keyfiyyət menecmenti sisteminin səmərəliliyini təmin etməkdir.

2. Əhəmiyyət meyarı seçilir. Meyar kimi istehlakçıların tələblərini ödəyən məhsul buraxılışı götürülür.

3. Məqsəd, meyar və proseslərin iyerarxik sxemi tərtib edilir (şəkl.2).

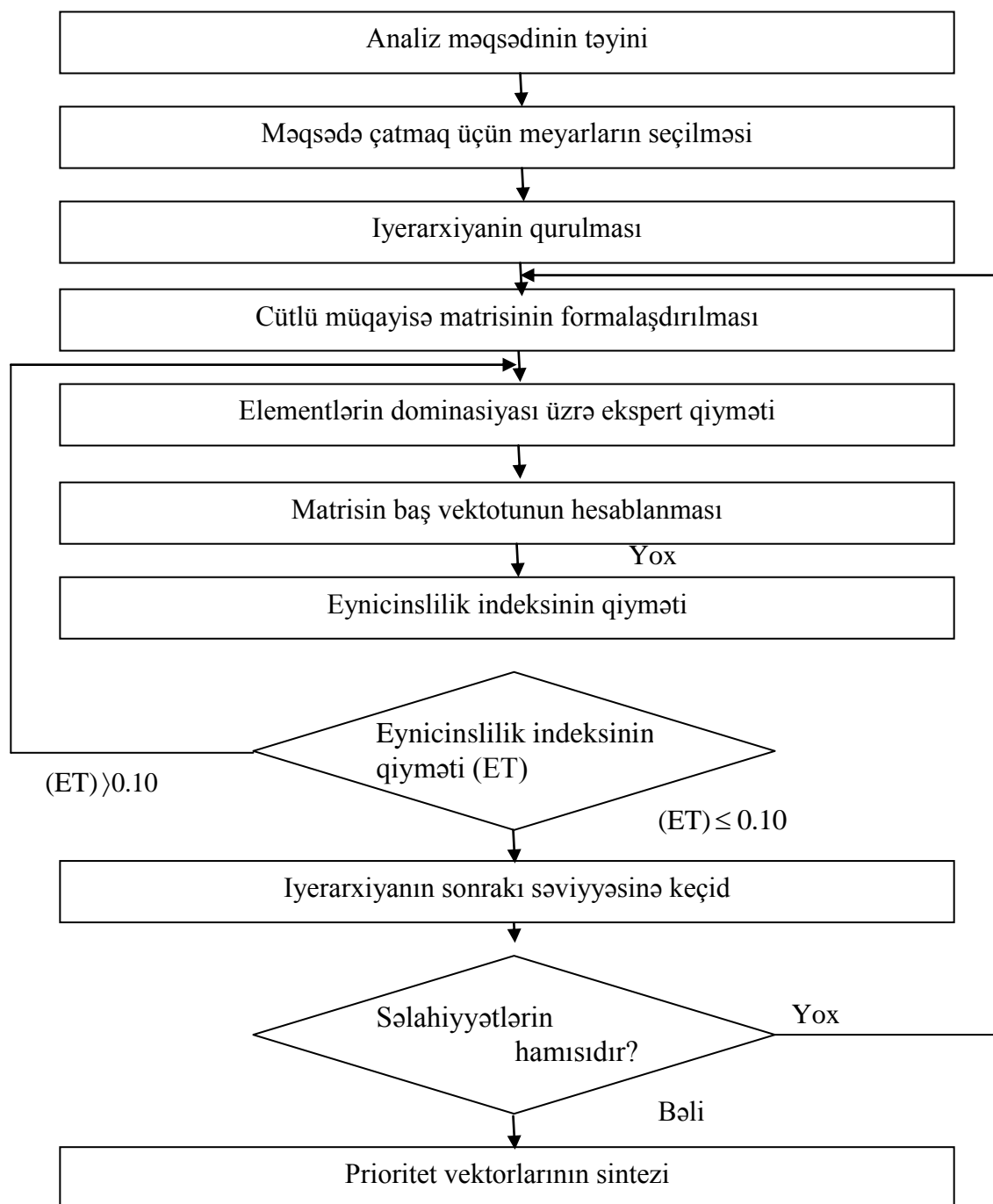
4. Cütlü müqayisə matrisi formalaşdırılır. İyerarxiyanın hər bir səviyyəsi üçün matrisin strukturu qurulur və iyerarxiya elementlərinin əhəmiyyətliyinə dair ekspert qiyətlərinin müqayisəsi aparılır.

5. Elementlərin dominasiyası üzrə ekspert qiymətləndirməsi aparılır. Ekspertlər iyerarxiya elementlərinin hər birinin nisbi vacibliyini müəyyən edir.

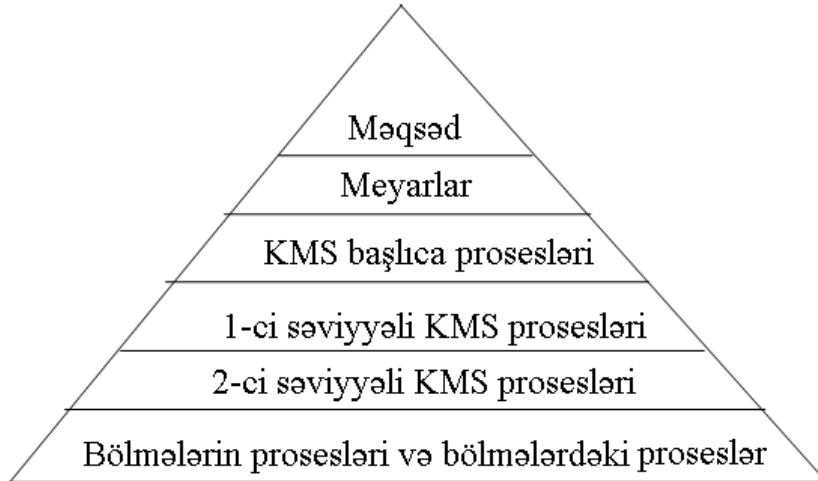
6. Matrisin əsas və ya baş vektoru hesablanır. Cütlü müqayisə matrisi elementlərinin vektorlarının qiymətinə görə rəqləmə aparılır.

7. Eynicinslilik indeksi hesablanır. Cütlü müqayisə matrisini dolduran ekspertin rəyinin məntiqliliyi eynicinslilik indeksi ilə qiymətləndirilir.

8. Proseslərin əhəmiyyətliyi qiymətləndirmək üçün prioritet vektorun iyerarxiyik sintezi aparılır.



Şəkil 1. Struktur bölmələri proseslərinin əhəmiyyətliyi qiymətləndirilməsi algoritmi



Şəkil 2. Yüngül sənaye müəssisəsinin proseslərinin iyerarxiyası

Proseslərin strukturunda iyerarxiya elementlərini E_{ij}^k simvolları ilə işarə etmək təklif olunur. İyerarxiya strukturunda (şəkil 2) analizin məqsədi, meyarlar, KMS proseslərinin növləri və müəssisənin bölmələrindəki proseslər yer almışdır. Proses və elementlərin aşağıdakı işarələri istifadə edilir:

Birinci səviyyə üçün analizin məqsədi: E_1^1 – keyfiyyət menecmenti sisteminin səmərəliliyinin təmin olunmasıdır.

İkinci səviyyədə KMS-nin səmərəlilik meyarları: E_1^2 – istehlakçıların tələblərini ödəyən keyfiyyətli məhsul buraxılışı; E_2^2 – məhsulun keyfiyyətinin adekvat təminatı; E_3^2 – müəssisənin rəqabət qabiliyyəti və iqtisadi səmərəliliyinin artırılması.

Üçüncü səviyyədə başlıca KMS prosesləri: E_1^3 – keyfiyyət menecmenti sisteminin idarə olunması; E_2^3 – rəhbərliyin cavabdehliyinin təmin edilməsi; E_3^3 – resursların menecmentinin təmin edilməsi; E_4^3 – məhsulun həyat dövrü proseslərinin idarə olunması; E_5^3 – ölçmə, təhlil və yaxşılaşdırma.

Dördüncü səviyyə 1-ci dərəcəli KMS prosesləridir. Bu səviyyədə çoxlu proseslər olduğundan iyerarxik sxem həddindən artıq yüklənir. Bu səviyyədə ən vacib element məhsulun həyat dövrü proseslərinin idarə edilməsidir.

Beşinci səviyyədə 2-ci dərəcəli KMS prosesləri yer alır. Burada istehlakçılarla əlaqədar proseslər prioritet hesab oluna bilər.

Altıncı səviyyədə müəssisənin struktur bölmələrində davam edən məhsulun həyat dövrü ilə əlaqədar proseslərdir. Bu proseslər müəssisədə təsdiq olunmuş cavabdehliyin paylaşması matrisi əsasında müəyyən olunur.

Əhəmiyyətlik matrisinin formalaşdırılması və baş vektorun hesablanması. Proseslərin iyerarxiyasını qurduqdan sonra bir elementin digəri qarşısında üstünlüyünü müəyyənləşdirmək üçün cütlü müqayisə matrisi formalaşdırılır.

Struktur bölmələrində cütlü müqayisə matrislərinin istifadəsi ilə proseslərin əhəmiyyətliliyinin rəqlənməsi baş vektorlar əsasında həyata keçirilir. Baş vektorlar isə riyazi analizin ədədi metodları ilə təyin edilir.

Cütlü müqayisə matrisinin formalaşdırılması proseslər iyerarxiyasının yuxarı 3 səviyyəsindəki elementlərin ekspert qiymətləndirməsi vasitəsilə aparılır. Məsələn: iyerarxiyanın ikinci səviyyəsini təhlil edərkən müəyyən olunur ki, E_1^2 , E_2^2 və E_3^2 səviyyələrindən hansı element E_1^1 elementinə (KMS-nin səmərəliliyinə) daha üstün təsirə malikdir.

Qraf nəzəriyyəsini istifadə edərək iyerarxiyanın ikinci səviyyəsi üçün KMS-nin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi kriteriyalarına görə A_1 matrisi qurulur (cədvəl 1). Buna

analoji olaraq iyerarxiyanın üçüncü səviyyəsi üçün A_2 , A_3 və A_4 matrisləri qurulur. Bu matrislər E_1^2 , E_2^2 və E_3^2 meyarları (alt məqsədləri) üzrə E_1^3 , E_2^3 və E_3^3 , E_4^3 və E_5^3 proseslərin əhəmiyyətliliyini qiymətləndirməyə imkan verir.

Cədvəl 1

A_1 matrisi

$A_1 =$		E_1^3	E_2^3	E_3^3	Baş vektor
	E_1^3	1	5	1/3	0,333
	E_2^3	1/5	1	1/7	0,072
	E_3^3	3	7	1	0,589
	λ_{\max}	3,111			
	Eİ	0,056			
EQ	0,096				

A_2 matrisi E_1^2 meyarına (istehlakçıların tələblərinə uyğun məhsul buraxılışı) görə başlıca proseslərin əhəmiyyətliliyinin qiymətləndirilməsi üçün cütlü müqayisə matrisidir (cədvəl 2).

Cədvəl 2

A_2 matrisi

$A_2 =$		E_1^3	E_2^3	E_3^3	E_4^3	E_5^3	Baş vektor
	E_1^3	1	1/3	1/5	1/7	1/3	0,040
	E_2^3	3	1	1/5	1/7	1	0,105
	E_3^3	5	5	1	1	5	0,335
	E_4^3	7	7	1	1	5	0,414
	E_5^3	3	1	1/5	1/5	1	0,106
	λ_{\max}	5,270					
	Eİ	0,067					
EQ	0,060						

A_3 matrisi E_2^2 meyarına (məhsulun keyfiyyətinin təmin olunması qabiliyyətinin adekvat nümayişi) görə başlıca proseslərin əhəmiyyətliliyinin cütlü müqayisə matrisidir (cədvəl 3). A_4 matrisi E_3^2 meyarına (müəssisənin iqtisadi səmərəliliyi və rəqabət qabiliyyətinin artırılması) görə başlıca proseslərin əhəmiyyətliliyinin cütlü müqayisə matrisidir (cədvəl 4).

Cədvəl 3

A_3 matrisi

$A_3 =$		E_1^3	E_2^3	E_3^3	E_4^3	E_5^3	Baş vektor
	E_1^3	1	5	5	7	5	0,496
	E_2^3	1/5	1	3	3	3	0,220
	E_3^3	1/5	1/3	1	1	1/3	0,062
	E_4^3	1/7	1/3	1	1	1/3	0,061
	E_5^3	1/5	1/3	3	3	1	0,162
	λ_{\max}	5,386					
	Eİ	0,097					
EQ	0,086						

A₄ matrisi

	E ₁ ³	E ₂ ³	E ₃ ³	E ₄ ³	E ₅ ³	Baş vektor	
A ₄ =	E ₁ ³	1	1/5	1/7	1/9	1/3	0,032
	E ₂ ³	5	1	1/3	1/5	3	0,170
	E ₃ ³	7	3	1	1	3	0,267
	E ₄ ³	9	5	1	1	9	0,446
	E ₅ ³	3	1/3	1/3	1/9	1	0,085
	λ _{max}	5,370					
	Eİ	0,092					
	EQ	0,083					

Hesablamalar göstərir ki, bütün cütlü müqayisə matrisləri müvafiq olaraq $E\bar{I} < 0,10$ şərtini ödəyir. Bu isə ekspert rəylərinin əsasən obyektiv və məntiqli olduğunu göstərir. Beləliklə, analoji qayda üzrə digər səviyyələrdəki elementlərin cütlü müqayisə matrislərini də formalaşdırmaq olar.

Prioritet vektorun iyerarxik sintezi. Cütlü müqayisə matrisinin baş vektorunun hesablanması və ekspert rəylərinin məntiqliliyinin yoxlanmasından sonra prioritet vektor təyin edilir.

Başlıca E₁³, E₂³, E₃³, E₄³, E₅³ proseslərinin yekunu prioritet vektoru E₁¹ məqsədinə görə təyin edilir və iyerarxik sintez yerinə yetirilir. İyerarxik sintezin alqoritmini şərh edək.

1. İyerarxiyanın hər bir səviyyəsi üçün cütlü müqayisə matrislərinin baş vektorları və ya sütun-vektor tərtib olunur, nəticədə vektorların qiymətlərindən ibarət matris alınır.

2. İyerarxiyanın yekun prioritet vektoru baş vektorların matrislərinin tərs düzülüşlə (tərtiblə) bir-birinə vurulması yolu ilə hesablanır.

3. Yekun vektorun qiymətləri arasından maksimal qiymət seçilir və buna görə ən əhəmiyyətli proses müəyyən olunur.

Beləliklə, yuxarıda qurulmuş və hesablanmış cütlü müqayisə matrisləri vasitəsilə iyerarxiyanın 3 səviyyəsi üçün baş vektorun qiymətlərindən ibarət matrislər alınır.

Aparılan hesablamalarla müəyyən olunmuşdur ki, yüngül sənaye müəssisələrində KMS-nin səmərəliliyinin təmin olunması üçün ən əhəmiyyətli proseslər məhsulun həyat dövrü prosesləridir. Çünki vektorun ən böyük qiyməti ($W^4 = 0,407$) E₄³ prosesinə uyğun gəlir. Bu isə keyfiyyət menecementi sisteminin ölkə və dünya təcrübəsinə uyğundur.

Beləliklə, bütün proseslərin yekun prioritet vektorlarının hesablamaqla KMS-nin səmərəliliyini təmin edən struktur bölmələri proseslərinin əhəmiyyətliliyi qiymətləndirilir. Yekun prioritet vektorların sayı müəssisənin struktur bölmələrində həyata keçirilən proseslərin sayına, sonuncu isə iyerarxiyanın aşağı səviyyələrindəki elementlərin sayına bərabər olmalıdır. Bu əlamət iyerarxiya sintezinin düzgün tətbiq edilmişliyini təsdiqləyir.

Proseslərin əhəmiyyətliliyinin müqayisəsi. Məlumdur ki, funksional dəyər analizi (FDA) proseslərin əhəmiyyətliliyi və onlara çəkilən xərclərin qiymətləndirilməsini nəzərdə tutur. Mahiyyət ondan ibarətdir ki, struktur bölmələri proseslərinin reallaşması üçün xərclər onların əhəmiyyətliliyinə mütənasib olmalıdır.

Prosesin əhəmiyyətliliyinin yerinə yetirilməsinə çəkilən xərclərlə müqayisəsi imkan verir ki, keyfiyyət sistemi və onun altsistemlərinin funksionallığının səmərəli diaqnostikasi aparılsın. Proseslərin təkmilləşdirilməsi üçün mövcud problemlər aşkar edilsin və onların həlli təmin edilsin.

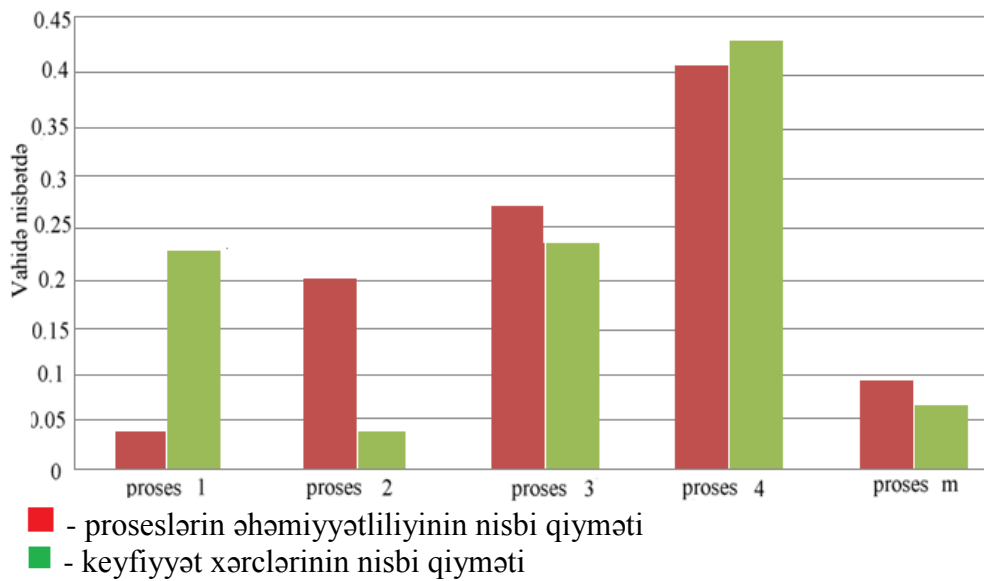
Əslində struktur bölmələri proseslərinə çəkilən xərclərin mütləq qiymətlərini müqayisə etmək tam düzgün sayıla bilməz. Çünki bəzi proseslərə çəkilən xərclər (məsələn: istehsalat prosesi) digərlərinə görə həmişə daha böyük qiymətə malik olacaqdır (məsələn: texnoloji hazırlıq prosesi). Odur ki, yüngül sənaye müəssisəsi kimi bir mürəkkəb sistemdə FDA-nı tətbiq edərək,

proseslərə çəkilən xərclərin bölüşdürülməsi və, beləliklə, nisbi xərclər göstəricisindən istifadə edilməsi təklif olunur.

Misal üçün, texnoloji hazırlıq prosesinin əhəmiyyəti böyük olsa da, ona çəkilən xərclər böyük məbləğ təşkil etmir və, deməli, bu prosesin təkmilləş-dirilməsinə ehtiyac yoxdur. Ona görə də müxtəlif texnoloji proseslərin xərclərini tutuşdurarkən proseslərin funksionallığını dolğun səciyyələndirən nisbi kəmiyyət istifadə etmək lazımdır.

Belə nisbi kəmiyyət kimi, proseslərə çəkilən ümumi xərclərdə uyğunsuzluğa (zaylara) çəkilən xərc payını seçmək olar. Keyfiyyətin uyğunsuzluğuna çəkilən xərclər isə daxili, həm də xarici itkilər səbəbindən yaranan xərclərin cəmindən ibarət olacaqdır.

Qeyd edək ki, proseslərin əhəmiyyətliliyini göstərən yekun prioritet vektorların cəmi 1-ə (vahidə) bərabər olduqda, uyğunsuzluğa çəkilən xərcləri də 1-ə yaxın qiymətlərdə mütənasib şəkildə bölüşdürmək lazımdır. Prosesin əhəmiyyət-liliyinin xərclərlə müqayisəsini funksional dəyər diaqramının köməyi ilə daha əyani göstərmək olar (şəkil 3).



Şəkil 3. Struktur bölmələrində proseslərin funksional-dəyər diaqramı

Göründüyü kimi, təhlil edilən hər bir struktur bölməsinin proseslər qrupu üçün ayrıca funksional-dəyər diaqramı tərtib olunur. Bu qrupun çərçivəsi isə prioritet vektorun əhatəsi ilə təyin edilir, vektorun əhatəsi iyerarxik sintez nəticəsində müəyyənləşir. Diaqramın absis oxunda W^- prioritet vektorun tərkibinə daxil olan proseslərin qiymətləri yerləşdirilir. Ordinat oxunda isə W^p prioritet vektoruna aid proseslərdə keyfiyyətin uyğunsuzluğuna Z^p çəkilən nisbi xərclər yerləşdirilir.

Funksional dəyər diaqramı texnoloji proseslərdə zəif bəndləri (disbalans zonası) aşkarlamağa imkan verir. FDA diaqramından aydın görünür ki, disbalans 1-ci və 4-cü proseslərdə müşahidə edilir. Əyani təsvirdən savayı, diaqram prosesin əhəmiyyətlilik vahidinə düşən xərclərin nisbi payını da hesablamağa imkan verir. Qeyd edək ki, “zəif bənd” elə proseslər sayılır ki, onlarda uyğunsuzluğa çəkilən nisbi xərclər 1-dən (vahiddən) böyük olur, belə proseslər üçün yaxşılaşdırma tədbirləri yerinə yetirilməlidir.

Nəticə. Beləliklə, kompleks metodları əhatə edən (KMS funksional-struktur analizi, proseslərə çəkilən xərclərin təyin olunması, struktur bölmələri proseslərinin əhəmiyyətliliyinin qiymətləndirilməsi) yüngül sənaye müəssisəsi struktur bölmələri proseslərinin funksional-dəyər analizinin aparılmasının metodoloji təminatı işlənilib hazırlanmışdır. İşlənmiş metod KMS-nin funksiyalarını təsnif etməyə və prosesləri bir-birilə əlaqəli modellər şəklində təqdim etməyə imkan verir. Struktur bölmələri proseslərinə çəkilən xərclərin analizi əsasında onları idarə

etməyə şərait yaranır. KMS-nin nəticəliliyinə təsir göstərən proseslərin aşkar edilməsi və seçilməsi mümkün olur. Struktur bölmələrin proseslərinə çəkilən xərclər və onların əhəmiyyətliyinin müqayisəsinə görə yaxşılaşdırmaya ehtiyacı olan proseslərin seçilməsi mümkün olur.

ƏDƏBİYYAT

1. Янг С. Системное управление организацией. Пер. с англ. М.: Прогресс, 2012, 270с.
2. Тейлор Ф. Принципы научного менеджмента. Пер. с англ. М.: Контроллинг, 2011, 422с.
3. Фейгенбаум А. Контроль качества продукции. Пер. с англ. М.: Экономика, 2010, 472 с.
4. Харрингтон Д. Управление качеством в американских корпорациях. Пер. с англ. М.: Экономика, 2012, 280 с.
5. Черняк Ю.И. Системный анализ управления качеством продукции. М.: Экономика, 2005, 171 с.
6. Система качества. Сборник нормативно-методических материалов. М.: Стандарты, 2012, 264с.

РЕЗЮМЕ

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Мусаева Т.Т., Нуриев М.Н.

Ключевые слова: легкая промышленность, структурные подразделения, технологические процессы, функционально-структурный анализ, затраты на качество

Рассмотрены особенности оценки значимости процессов структурных подразделений предприятий легкой промышленности. Разработано методологическое обеспечение для проведения функционально-структурного анализа процессов структурных подразделений. Проведен функционально-структурный анализ системы менеджмента качества, и разработан метод определения затрат на технологические процессы. Методика позволяет выявить нуждающиеся в улучшении процессы.

SUMMARY

DEVELOPMENT OF METHOD OF FUNCTIONAL-STRUCTURAL ANALYSIS OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM THE ENTERPRISES OF LIGHT INDUSTRY

Musayeva T.T., Nuriyev M.N.

Key words: light industry, structural units, processes, functional-structural analysis, the cost of quality

The features of evaluation of the significance of the process of structural subdivisions of enterprises of light industry. Methodological software for functional and structural analysis of the processes of structural divisions.

It was performed functional and structural analysis of the quality management system, and developed a method of determining the cost of manufacturing processes. The technique reveals the need to improve processes.

Daxil olma tarixi: İlkin variant 04.04.2016
Son variant 27.09.2016

MÜNDƏRİCAT

Fizika və riyaziyyat

1. *Həşimova A.İ., Nurullayev Y.Q., Qarayev E.S.* Yeni zona əritmə üsulu ilə $Ge_{1-x}Si_x$ bərk məhlul kristalının alınması və termoelektrik xassələrin tədqiqi 6
2. *Bağirova G.H., Qəhrəmanov P.F., Quliyev E.F.* Mayenin hərəkət tənliyinin Zeydel iterasiya üsulu ilə həlli 12

Kimya

3. *Hacıyeva S.M., Əbdüləzimova Y.Ə.* Ovuntu materiallarının xromlaşdırılmasının xüsusiyyətləri 18
4. *Kəlbəliyev Q.İ., Səmədli V.M., Səmədov M.M., Əhmədov V.N., Babayev S.B.* Mineral əlavələrdən istifadə etməklə tozşəkilli superfosfatın dənəvərləşdirilməsi prosesinin tədqiqi 24
5. *Xəlilova H.X.* Ətraf mühitin ağır metallarla çirklənməsinə antropogen təsirin qiymətləndirilməsi 33
6. *Namazov N.R.* Efiryəğli bitkinin növünə uyğun antifunqal aktivlik 39

Texnika

7. *Mənsurov Q.M.* Konservativ məntiqi dövrlər üzrə fiziki modellər 42
8. *Əhmədov M.A., Dövlətzadə A.Ə.* Robotların və onların əsasında çevik istehsalların idarəetmə sistemlərinin analizi və tətbiq sahələrinin təyini 50
9. *Məhəmmədli H.M., Rəsulov R.Z.* Elektron qurğularının avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin müqayisəli analizi və inkişaf perspektivlərinin təyini 59
10. *Əliyeva F.A.* Hidrotəmizləmə proseslərinin rəqsi yüklənmələr rejimində model tədqiqi 65
11. *Əhmədova T.Ə., Həmidov M.H., Əsgərov C.S.* Akustik siqnal enerjisinin quyunun ağzına ötürmə prosesinin tədqiqi 72
12. *Rəhmanov S.R., Abdullayev Q.S.* Baş intiqalın dinamikasının vintvari boruyayma prosesinə təsirinin tədqiqatı 77
13. *Musayeva T.M., Nuriyev M.N.* Yüngül sənaye müəssisələrində keyfiyyət menecmenti sisteminin funksional-struktur analizi metodunun işlənməsi 87

СОДЕРЖАНИЕ

Физика и математика

1. *Хашимова А.И., Нуруллаев Ю.Г., Гараев Э.С.* Выращивание монокристаллов бинарных твердых растворов $Ge_{1-x}Si_x$ с использованием метода зонной плавки и исследование их термоэлектрических свойств 6
2. *Багирова Г.Г., Гахраманов П.Ф., Гулиев Е.Ф.* Решение уравнения движения жидкости итерационным методом Зейделя 12

Химия

3. *Гаджиева С.М., Абдулазимова Е.А.* Особенности хромирования порошковых материалов 18
4. *Келбалиев Г.И., Самедли В.М., Самедов М.М., Ахмедов В.Н., Бабаев С.В.* Исследование процесса грануляции порошкообразного суперфосфата с использованием минеральных добавок 24
5. *Халилова Х.Х.* Оценка антропогенного воздействия на загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами 33
6. *Намазов Н.Р.* Антифунгальная активность, соответствующая виду эфиромасличных растений 39

Техника

7. *Мансуров Г.М.* Физические модели консервативных логических цепей 42
8. *Ахмедов М.А., Довлатзаде А.А.* Анализ и определение областей применения роботов и систем управления гибкими производствами на их основе 50
9. *Магоммедли Х.М., Расулов Р.З.* Сравнительный анализ систем автоматизированного проектирования электронных устройств и определение перспективы их развития 59
10. *Алиева Ф.А.* Модельное исследование гидрогенизационных процессов в режиме колебательной загрузки 65
11. *Ахмедова Т.А., Гамидов М.Г., Аскеров Дж.С.* Исследование процесса передачи энергии акустических сигналов на устье скважин 72
12. *Рахманов С.Р., Абдуллаев Г.С.* Исследование влияния динамики главного привода на процесс винтовой прокатки труб 77
13. *Мусаева Т.Т., Нуриев М.Н.* Разработка методов функционально-структурного анализа системы менеджмента качества на предприятиях легкой промышленности 87

CONTENTS

Physics and Mathematics

1. *Hashimova A.I., Nurullayev Yu.G., Qarayev E.S.* Growing single crystals of binary $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ solid solutions using zone melting 6
2. *Baqirova G.H., Qahramanov P.F., Quliyev E.F.* The decision of the equation of movements of the liquid iterative method Zeydel 12

Chemistry

3. *Gadzhiyeva S.M., Abdulazimova Y.A.* Features chrome plating powder materials 18
4. *Kelbaliyev G.I., Samedli V.M., Samedov M.M., Akhmedov V.N., Babayev S.B.* Investigation of granulation process influence of intensifying additions on strength of superphosphata 24
5. *Khalilova H.Kh.* The assessment of anthropogenic impact on heavy metal pollution of the environment 33
6. *Namazov N.R.* The species presence frequency of ether oiled plants forming micobiotas 39

Technics

7. *Mansurov G.M.* Physical models of conservative logic circuits 42
8. *Akhmedov M.A., Dovlatzade A.A.* Analyzing and determination of the implications fields of robors and management systems with the flexible production on its basis 50
9. *Magommedli H.M., Rasulov R.Z.* Comparative analysis of electronic equipments cad and defimiton of perspective and development 59
10. *Aliyeva F.A.* Model studies of hydrogenation processes mode in the regime of vibrational loading 65
11. *Ahmadova T.A., Hamidov M.H., Asgarov J.S.* The study of acoustic signal energy transfer process over the wellhead 72
12. *Rahmanov S.R., Abdullayev Q.S.* Study of influence on a process of screw rolling pipes of main drive dinamics 77
13. *Musayev T.T., Nuriyev M.N.* Development of method of functional-structural analysis of quality management system the enterprises of light industry 87

MƏQALƏLƏRİN TƏRTİBATI QAYDALARI

Dərc olunacaq məqalə redaksiyaya həm kağız, həm də elektron formada təqdim olunmalıdır. Məqalə hazırlanarkən aşağıdakı tələblər nəzərə alınmalıdır:

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

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

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

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

RULES OF ARTICLE FORMATION

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

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

Kompüter yığımı – *S.Şahverdiyeva*
Korrektorlar: – *G.Hüseynova*
– *E.Əhmədova*
– *R.Vəliyev*
Texniki redaktor – *E.Həsəratova*

Yığılmağa verilmişdir: 05.06.2016- cı il
Çapa imzalanmışdır: 27.09.2016-cı il
Mətbəə kağızı, kağızın formatı: 70*108 ¼
Yüksək çap üsulu
Şərti çap vərəqi 6,87.
Sifariş 25.
Tiraj 250 nüsxə.
Qiyməti müqavilə yolu ilə.
Sumqayıt Dövlət Universitetinin mətbəəsində çap olunmuşdur.

Müxbir ünvan:

Azərbaycan, 5008, Sumqayıt,
43-cü məhəllə
Tel: (0-12) 448-12-74
(0-18) 644-88-10
Faks: (0-18) 642-02-70
Web: www.sdu.edu.az
E-mail: sdu.elmihisse@mail.ru