

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԵՎ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК АРМЕНИИ И

НАЦИОНАЛЬНОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
АРМЕНИИ

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ

СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԵՐԵՎԱՆ

ЕРЕВАН

Журнал издается с 5.01.1948 г.

Выходит 4 раза в год

ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԳԻԱ

Ռ.Մ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ (գլխավոր խմբագիր), Յ.Ա. ԹԵՐԶՅԱՆ (գլխ. խմբ. տեղակալ),
Զ.Կ. ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ (պատասխանատու քարտուղար), Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Ռ.Վ. ԱԹՈՅԱՆ,
Վ.Վ. ԲՈՒՆԻԱՏՅԱՆ, Ա.Խ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ժ.Դ. ԴԱՎԻԴՅԱՆ, Ս.Պ. ԴԱՎԹՅԱՆ,
Ս.Ս. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Ռ.Զ. ՄԱՐԴԻՆՅԱՆ, ՅՈՒ.Լ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Վ.Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ,
Վ.Ս. ՍԱՖԱՐՅԱՆ, Ս.Յ. ՍԻՄՈՆՅԱՆ, Մ.Գ. ՍՏԱԿՅԱՆ, Ա.Թ. ՔՈՒՉՈՒԿՅԱՆ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Р.М. МАРТИРОСЯН (главный редактор), А.А. ТЕРЗЯН (зам. глав. редактора),
З.К. СТЕПАНЯН (ответственный секретарь), С.Г. АГБАЛЯН, Р.В. АТОЯН,
В.В. БУНИАТЯН, А.Х. ГРИГОРЯН, Ж.Д. ДАВИДЯН, С.П. ДАВТЯН, С.М. КАЗАРЯН,
А.Т. КУЧУКЯН, В.З. МАРУХЯН, Ю.Л. САРКИСЯН, В.С. САРКИСЯН,
В.С. САФАРЯН, С.О. СИМОНЯН, М.Г. СТАКЯН

EDITORIAL BOARD

R.M. MARTIROSSYAN (editor-in-chief), H.A. TERZIAN (vice-editor-in-chief),
Z.K. STEPANYAN (executive secretary), S.G. AGHBALYAN,
R.V. ATOYAN, V.V. BUNIATYAN, Zh.D. DAVIDYAN,
S.P. DAVTYAN, S.M. GHAZARYAN, A.Kh. GRIGORYAN, A.T. KUCHUKYAN,
V.Z. MARUKHYAN, YU.L. SARGSYAN, V.S. SARKISSYAN, V.A. SAFARYAN,
S.H. SIMONYAN, M.G. STAKYAN

Հրատ. խմբագիր՝

Ժ.Ս. ՍԵՅՐԱՆՅԱՆ

Խմբագիրներ՝

Հ.Ց. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

Հ.Զ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

© Издательство ГИУА

Известия НАН и ГИУ Армении (сер. техн. наук), 2014

Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Հ.Հ. ԵԶԱԿՅԱՆ, Ս.Գ. ԲՈՅԱԶՅԱՆ

ՊՂՆԱՍՏՈՒԼԱԿԱՆ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԹԱՓՈՆԱԽԱՐԱՄՆԵՐԻՑ
ԵՐԿԱԹԱՓՈՇՈՒ ՍՏԱՅՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Մշակվել է պղնձաձուլական արտադրության թափոնակույտային խարամներից երկաթափոշու ստացման տեխնոլոգիա՝ իր հիմնական փուլերով՝ դիսպերս մանրացման շնորհիվ փոշեհատիկների քիմիական ակտիվության մեծացում, վերականգնման և մագնիսական չոր տարանջատման միջոցով խտանյութի ստացում, ածխածնի ու նատրիումի կարբոնատի առկայությամբ $T=1000...1050$ °C, $\tau=2,5...3$ ժամ բովախառնուրդի թրծման միջոցով ֆերոմագնիսական ֆազի ստացում, մագնիսական խոնավ տարանջատման միջոցով երկաթափոշու՝ սին ապարներից և լուծույթից անջատում ու հետագա վերականգնում ցածր ջերմաստիճանում ($T_{վ}=750\pm 10^\circ\text{C}$, $\tau_{վ}=1,0$ ժամ):

Առանցքային բառեր. խարամ, ֆայալիտ, ածխածին, մեխանաքիմիական ակտիվացում, վերականգնում, մագնիսական տարանջատում, խտանյութ, սողա, գնդիկավորում, թրծում, երկաթափոշի:

Տեխնիկայի զարգացմանը զուգընթաց մեծ տեղ է հատկացվում փոշեմետալուրգիային, որը մետաղամշակման բազմաթիվ մեթոդների շարքում առաջնային նշանակություն է ձեռք բերում: Այն հնարավորություն է ստեղծում մշակելու նախապես պահանջվող հատկություններով սկզբունքորեն նոր նյութեր, որոնց պատրաստումն ավանդական մետալուրգիական եղանակներով շատ դժվար, իսկ երբեմն էլ անհնար է: Սակայն մետաղափոշիների համեմատաբար բարձր արժեքը և դրանց տեղափոխման դժվարությունները զգալի կերպով արգելակում են մետաղակերամիկական իրերի արտադրությունը և ներդրումը տնտեսության տարբեր ճյուղերում: Այդ իսկ պատճառով անհրաժեշտություն է առաջացել տեղական հումքի բազայի վրա մետաղափոշիների արտադրությունը կազմակերպել տեղում: Հայաստանի ընդերքը բավականին հարուստ է երկաթի հանքանյութերով, որոնց համար արդեն մշակված են մաքուր երկաթափոշու ստացման համապատասխան տեխնոլոգիաներ: Միաժամանակ, Հայաստանի ընդերքը հարուստ է նաև պղնձով, որի արտադրության ժամանակ առաջանում են մեծ քանակությամբ խարամներ՝ ֆայալիտի (Fe_2SiO_4) և մագնետիտի (Fe_3O_4) տեսքով, որոնք կարող են հումք հանդիսանալ երկաթափոշու արտադրության համար: Սակայն ֆայալիտից երկաթափոշու ստացումը դժվար է՝ կապված նրա վերականգնման փոքր արագության հետ:

Վերջին ժամանակներս մետալուրգիական գործընթացներում տեղ է գտել նոր ուղղություն, համաձայն որի խտանյութերի մշակումը կատարվում է մեխանաքիմիական և կարբոջերմային վերականգնման եղանակների զուգակցմամբ, ինչը

նպաստում է հետագա օքսիդավերականգնման գործընթացների ինտենսիվացմանը և սկզբունքային նոր մոդիֆիկացված արգասիքների ստացմանը [1-5]: Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ որոշ տիպի վերականգնման ռեակցիաներ, մեխանաքիմիական նախնական ազդեցությունից հետո, ի տարբերություն ջերմային քայքայման ռեակցիաների, կարող են ընթանալ դետոնացիոն արագություններով և համեմատաբար ցածր ակտիվացման էներգիայով:

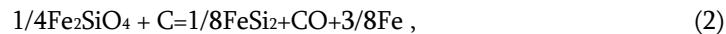
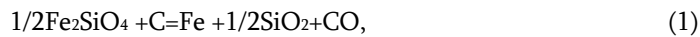
Մեխանաքիմիական ակտիվացման և վերականգնման գործընթացների զուգակցումը ժամանակակից մետալուրգիայի ամենահեռանկարային ուղղություններից է, որը թույլ է տալիս ստանալ մետաղափոշիներ՝ լավագույն ֆիզիկամեխանիկական և տեխնոլոգիական հատկություններով:

Ելնելով վերոհիշյալից, ներկայացված աշխատանքը՝ նվիրված Հայաստանի պղնձաձուլական արտադրության թափոնակույտային խարամներից երկաթափոշու ստացման տեխնոլոգիայի մշակմանը և ստացված երկաթափոշու կառուցվածքի ու հատկությունների հետազոտմանը, խիստ արդիական է և հեռանկարային:

Կատարվել է հայրենական և արտասահմանյան գրականության վերլուծություն՝ երկաթափոշու ստացման տեխնոլոգիական առանձնահատկությունների բացահայտման նպատակով [6-9]: Ցույց է տրված, որ հեռանկարային է նաև երկաթափոշու ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը Ալավերդու պղնձաձուլական արտադրության թափոնախարամներից, որոնցում երկաթի պարունակությունը հասնում է 37...50%:

Հետազոտվել են պղնձաձուլական արտադրության խարամների մեխանաքիմիական պինդֆազային ռեակցիաների կինետիկական և էներգետիկական օրինաչափությունները, ինչպես նաև վերականգնման գործընթացը՝ կախված մանրացման եղանակից և շերտի հաստությունից [7]: Հետազոտման արդյունքում պարզվել է, որ երբ մանրացվող նյութի չափսերը դառնում են համաչափելի տարրական բջջին, ապա տեղի են ունենում նյութերի ֆիզիկական հատկությունների արմատական փոփոխություններ: Արդյունքում՝ մեծանում է պինդ նյութերի ռեակցիոն ունակությունը, որը նպաստում է քիմիական ռեակցիայի արագության մեծացմանը: Շնորհիվ մեխանաքիմիական գործընթացների՝ տեղի են ունենում մանրացվող նյութի քիմիական կազմի և կառուցվածքի փոփոխություններ: Մասնավորապես, դա վերաբերում է մեխանիկական էներգիայի ազդեցությամբ մի շարք մետաղների (Mo, Pb, Cu, Fe և այլն) օքսիդների և ածխածնի միջև ընթացող վերականգնման պինդ ֆազային ռեակցիաներին: Այդ է պատճառը, որ թրթռաղացում 2 ժամ և ավելի մանրացված խարամափոշին պինդ վերականգնիչով ենթարկվում է 95% վերականգնման՝ 1000 ± 10 °C ջերմաստիճանում, 2 ժամվա ընթացքում: Ցույց է տրված, որ պղնձաձուլական արտադրության խարամների մանրացման գործընթացում քիմիական փոխակերպումների և դեֆորմացիաների բնույթը կախված է բազմաթիվ գործոններից՝ նյութերի մանրացման աստիճանից, մանրացման տևողությունից, կիրառվող լարումներից, աղացի և մանրացվող միներալի տեսակից և այլն:

Պղնձաձուլական արտադրության խարամներից երկաթափոշու ստացման նպատակով կատարված նախնական թերմոդինամիկական հաշվարկների արդյունքում պարզվել է, որ տաքացման ընթացքում կարող է տեղի ունենալ Fe_2SiO_4 -ի վերականգնում ածխածնով և ածխածնի օքսիդով՝ ըստ հետևյալ ռեակցիաների.



Հաշվարկների արդյունքները բերված են նկ. 1-ում:

Ելնելով Գիրսի էներգիայի փոփոխության արժեքներից՝ նշված ռեակցիաների համար հաշվարկվել են նաև հավասարակշռության հաստատունների արժեքները (K)՝ կախված ջերմաստիճանից (աղ.):

Ինչպես երևում է նկ. 1-ից, աղյուսակից և բերված ռեակցիաներից, թերմոդինամիկորեն կարող են ընթանալ 1, 3 և 4 ռեակցիաները: Սակայն 3-րդ և 4-րդ ռեակցիաներն ընթանում են 1200 K -ից բարձր ջերմաստիճաններում, իսկ 1-ինը՝ սկսած 1000 K ջերմաստիճանից:

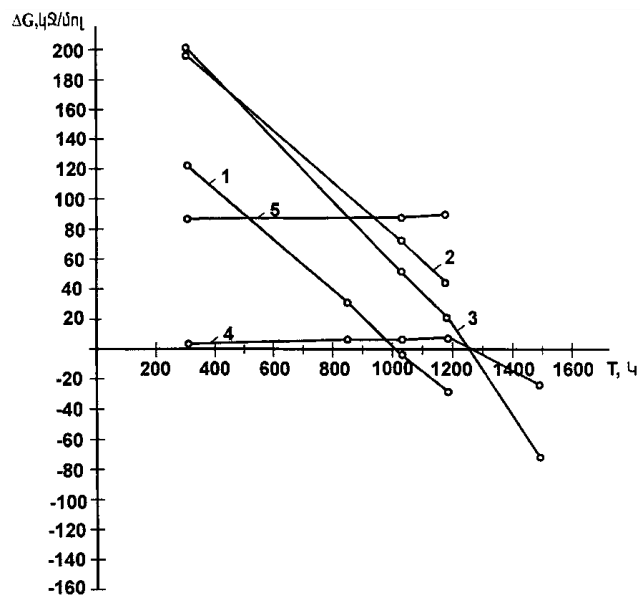
Մանրացված խարամափոշուց պատրաստվել է բովախառնուրդ, որում ավելացվել է 14% պինդ վերականգնիչ (լամպի մուր)՝ ըստ զանգվածի: Պինդ վերականգնիչի քանակությունը որոշվել է խարամի մեջ եղած Fe_3O_4 -ի և Fe_2SiO_4 -ի վերականգնման համար պահանջվող ածխածնի քանակությամբ, որից հետո ստացված բովախառնուրդը ենթարկվել է հատիկավորման՝ մինչև $\varnothing 10$ μm տրամագծով, երբ օգտագործվել է ջուրը:

Վերականգնման աստիճանը գնահատվել է մետաղացման աստիճանով, այսինքն՝ $100 \cdot \text{Fe}_{\text{մետ}} / \text{Fe}_{\text{ընդ}}$: Վերականգնումը կատարվել է 1000 ± 10 $^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանում 15, 30, 45, 60, 90 և 120 *րոպե* պահմամբ, որից հետո կատարվել են բովագնդիկների մանրացում և մագնիսական չոր տարանջատում: Ինչպես երևում է նկ. 2-ից, թրթռաղացում մանրացված խարամի մեջ եղած երկաթի օքսիդները և ֆայալիտը 2 ժամվա ընթացքում վերականգնվել են ~95%-ով, իսկ գնդաղացում մանրացվածը՝ ~75%-ով: Ընդ որում, վերականգնման ինտենսիվությունը շատ մեծ է առաջին մեկ ժամվա ընթացքում:

Վերականգնման սկզբնական փուլն ընթանում է քիմիական կինետիկայով, իսկ երկրորդ փուլը՝ դիֆուզիոն մեխանիզմով: Մեծ դեր ունի նաև շերտի հաստությունը: Օրինակ, հատիկավորված բովախառնուրդը, որը պատրաստվել է թրթռաղացում մանրացված խարամափոշուց, 100%-ով վերականգնվում է 4,0 ժամում, իսկ ազատ լիցքի դեպքում՝ մինչև իսկ 10 ժամվա ընթացքում՝ ընդամենը 45%-ով:

Ռենտգենաֆազային և ջերմաձանրաչափական վերլուծության եղանակներով պարզվել է, որ թրթռաղացում 60 րոպե և ավելի տևողությամբ մանրացումից հետո երկաթի և պղնձի օքսիդների վերականգնման աստիճանը կազմում է 95%: Վերականգնված պղնձի մոտ 60%-ը լուծվում է երկաթի մեջ, իսկ մնացածը մագնիսական չոր տարանջատման ժամանակ անցնում է թափոն: Մագնիսական չոր տարանջատումը հնարավորություն է տալիս ստանալ 85...90% երկաթի, մագնետիտի, ինչպես նաև 10...15% սին ապարների պարունակությամբ բարձրորակ խտանյութ:

Հետազոտվել են նատրիումի կարբոնատի առկայությամբ խտանյութի ածխածնով վերականգնման մեխանիզմը և կինետիկան, թրժման և սիլիկատաառաջացման, ինչպես նաև հեղուկ միջավայրում թրժված խտանյութի մանրացման ու մագնիսական տարանջատման գործընթացները:

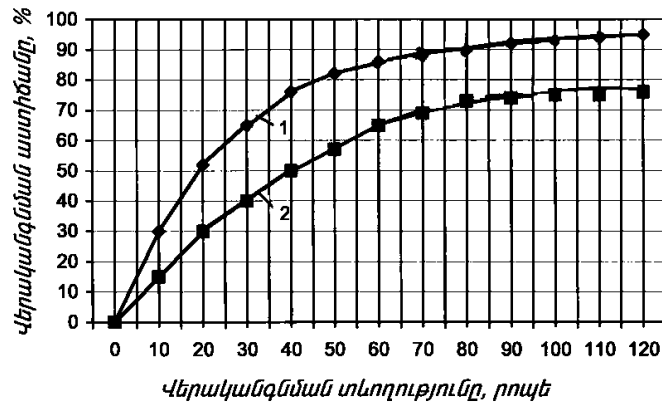


Նկ. 1. Գիրսի էներգիայի փոփոխության կախումը ջերմաստիճանից

Աղյուսակ

Հավասարակշռության հաստատունների արժեքների կախումը ջերմաստիճանից

№	Ռեակցիաները	Ջերմաստիճանը, °C				
		298	846	1033	1185	1493
1	$1/2\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + \text{C} = \text{Fe} + 1/2\text{SiO}_2 + \text{CO}$	$3 \cdot 10^{-22}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	1,38	16,22	-
2	$1/4\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + \text{C} = 1/8\text{FeSi}_2 + \text{CO} + 3/8\text{Fe}$	$2,3 \cdot 10^{-35}$	-	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$1,02 \cdot 10^{-2}$	-
3	$1/4\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + \text{C} = 1/2\text{Fe} + 1/4\text{Si} + \text{CO}$	$1,1 \cdot 10^{-35}$	-	$2,69 \cdot 10^{-3}$	0,11	$4,26 \cdot 10^2$
4	$1/2\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + \text{CO} = \text{Fe} + 1/2\text{SiO}_2 + \text{CO}_2$	0,39	0,35	0,44	0,4	5,75
5	$1/4\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + \text{CO} = 1/2\text{Fe} + 1/4\text{Si} + \text{CO}_2$	$5,6 \cdot 10^{-16}$	-	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$1,15 \cdot 10^{-4}$	-



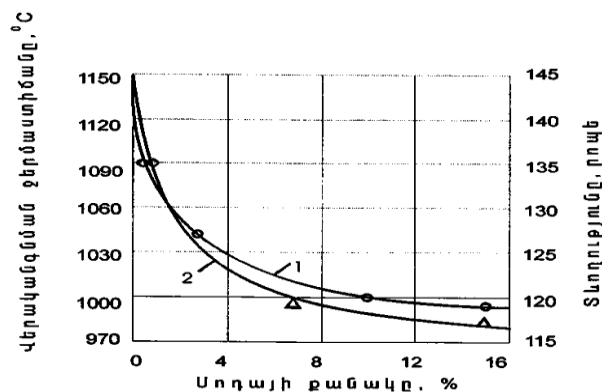
Նկ. 2. Պղնձաձուլական արտադրության կոնվերտորային խարամի՝ ածխածնով վերականգնման կինետիկան. $T_{վ.}=1000-100^{\circ}\text{C}$. 1-մանրացված է թրթռադացում՝ միջին հատիկաչափական կազմը 15...18 մկմ, 2-մանրացված է գնդադացում՝ միջին հատիկաչափական կազմը 40...45 մկմ

Պղնձաձուլական արտադրության թափոնախարամներից ստացված խտանյութից նատրիումի կարբոնատի առկայությամբ բովախառնուրդի վերականգնման ընթացքում միաժամանակ տեղի են ունենում բովախառնուրդի վերականգնման և քիմիական ռաֆինացման գործընթացներ, այսինքն՝ տեղի է ունենում ոչ միայն երկաթի օքսիդների վերականգնում, այլ նաև սողայի քիմիական փոխազդեցություն խառնուկների հետ՝ առաջացնելով նատրիումի մետասիլիկատ, ալյումինատ և ջրում լուծելի այլ միացություններ:

Ավելի բարձր ջերմաստիճանում ռեակցիան ընթանում է նատրիումի ալյումասիլիկատի ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) առաջացման ուղղությամբ: Կալցիումի, մագնեզիումի և մանգանի միացությունները սողայի ավելցուկով եռակալման ժամանակ առաջացնում են կարբոնատներ, որոնք 500°C -ում սկսում են քայքայվել՝ առաջացնելով թթուներում հեշտ լուծվող օքսիդներ: Ֆոսֆորի օքսիդը, փոխազդելով սողայի հետ, առաջացնում է ջրում լուծվող նատրիումի ֆոսֆատ՝ Na_3PO_4 : Տիտանի երկօքսիդը, փոխազդելով սողայի հետ, առաջացնում է նատրիումի տիտանատ՝ Na_2TiO_3 , որը լուծվող α մոդիֆիկացումից կարող է վերափոխվել դժվար լուծվող β մոդիֆիկացման: Քրոմի միացություններն առաջացնում են լուծելի նատրիումի քրոմատ՝ Na_2CrO_4 : Վանադիումի, վոլֆրամի, մոլիբդենի և արսենի միացությունները նույնպես առաջացնում են նատրիումի լուծելի աղեր՝ NaVO_3 , Na_2WO_4 , Na_2MoO_4 , Na_3AsO_4 :

Նատրիումի կարբոնատի փոխազդեցությունը խտանյութի մեջ մնացած երկաթի օքսիդի հետ 500°C -ում գործնականորեն տեղի չի ունենում, իսկ 700°C -ում երկաթի օքսիդի և սողայի միջև ռեակցիան ընթանում է շատ ինտենսիվ, առաջացնելով նատրիումի ֆերիտ՝ (NaFeO_2): Սակայն վերականգնիչ միջավայրում՝ $500...600^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանում, եռարժեք երկաթի օքսիդը վերականգնվում է ցածրարժեք օքսիդի, իսկ

ավելի բարձր ջերմաստիճանում՝ մինչև մետաղական երկաթի: Այսպես, նկ. 3-ում ցույց են տրված սոդայի քանակությունից կախված բովախառնուրդի վերականգնման ջերմաստիճանի (1 կոր) և տևողության (2 կոր) կախվածությունները: Ինչպես երևում է կորերից, մինչև 8% սոդայի պարունակության դեպքում նկատվում է վերականգնման ջերմաստիճանի և տևողության կտրուկ նվազում, մինչդեռ 12% սոդայի պարունակության դեպքում բովախառնուրդի վերականգնման ջերմաստիճանը 140...150°C-ով ցածրանում է, և 20%-ով կրճատվում է վերականգնման ժամանակահատվածը: Առանց սոդայի պարունակության բովախառնուրդի վերականգնման դեպքում ստացված երկաթափոշու մաքրությունն այնքան էլ բարձր չէ, իսկ խառնուկների հեռացումը չնչին է: Մինչդեռ 10% Na_2CO_3 պարունակության դեպքում երկաթի մաքրությունը հասնում է 99,7%-ի :



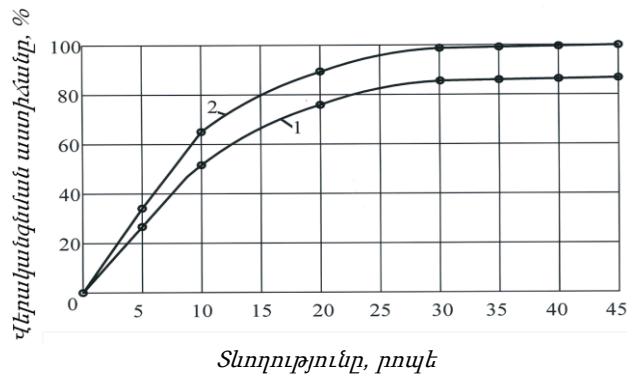
Նկ. 3. Սոդայի ազդեցությունը բովախառնուրդի վերականգնման վերջնական ջերմաստիճանի (1 կոր) և տևողության (2 կոր) վրա

Հետազոտվել են մեխանաքիմիապես ակտիվացված, ածխածնով վերականգնված և չոր մագնիսական տարանջատմամբ ստացված խտանյութերի՝ ածխածնով և նատրիումի կարբոնատով համատեղ վերականգնման մեխանիզմը և կինետիկան, համաձայն որոնց 10% սոդայի պարունակության դեպքում կտրուկ կերպով արագանում է վերականգնման գործընթացը, իսկ ածխածինը հանդիսանում է լավագույն վերականգնիչ ստացված խտանյութերի վերականգնման համար: Սոդան ակտիվացնում է ածխածնի գազիֆիկացման երևույթն իր տրոհման արգասիքներով ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{O} + \text{CO}_2$), որոնք, պահպանելով ավելցուկային էներգիա, ներդրվում են գրաֆիտի ցանցի մեջ՝ նպաստելով կապերի թուլացմանը բազիսային հարթությունների միջև: Սոդան նույնպես ազդում է վերականգնման հետևանքով ստացված մագնետիտի վրա, որի մակերևույթին ադսորբվում են Na_2O գրգռված մոլեկուլները: Այս դեպքում միավալենտ մետաղի վրա ներդրումը փոխում է ազատ էլեկտրոնների կամ անցքերի քանակությունը, հետևաբար և՛ օքսիդի ռեակցիոն հատկությունը:

Կատարվել է հատիկավորման գործընթացի հետազոտում: Պարզվել է, որ հա-

տիկավորող սարքի թմբուկի պտույտների օպտիմալ թիվը կազմում է 30...40 պտ/րոպե, ինչը հնարավորություն է ստեղծում ստանալու հատիկների լավագույն չափը (8...12 մմ):

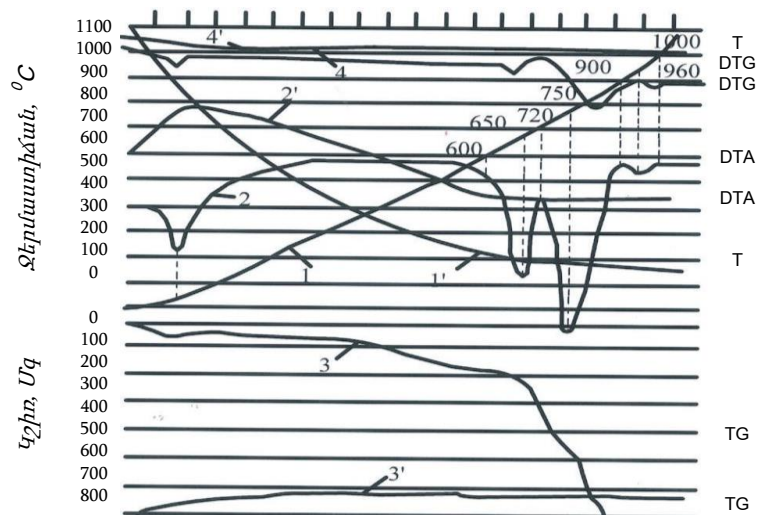
Վերականգնման աստիճանը գնահատվել է մետաղացման աստիճանով, այսինքն՝ $100 \cdot \text{Fe}_{\text{մետ}} / \text{Fe}_{\text{ընդ}}$: Ինչպես երևում է նկ. 4-ից, ածխածինը (լամպի մուր) օժտված է վերականգնման լավագույն հատկություններով. 1150°C ջերմաստիճանում 30 րոպե տևողության դեպքում խտանյութի վերականգնման աստիճանը կազմում է 98...98,5%:



Նկ. 4. Ածխածնով խտանյութի վերականգնման կինետիկան (1-1050°C, 2-1150°C)

Ստդայով և ածխածնով վերականգնման մեխանիզմի և կինետիկայի ուսումնասիրման նպատակով կատարվել են համալիր ջերմաձանրաչափական հետազոտություններ (նկ.5): Գործընթացն ուղեկցվում է ջերմության կլանումով և նմուշի զանգվածի նվազումով: Սա բացատրվում է աղսորբցված խոնավության հեռացումով: Հաջորդ միմիմումը նույնպես բնորոշ է տարբեր բաղադրություն ունեցող բովախառնուրդներին և գրանցվում է DTA և DTG կորերի միջոցով 650⁺⁷°C ջերմաստիճանում: Գործընթացը տեղի է ունենում 600...720 °C ջերմաստիճանային միջակայքում և բացատրվում է վերականգնման առաջին փուլով՝ $\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO}$: Ջերմաստիճանի բարձրացումը մինչև 720...900 °C-ի DTA կորի վրա առաջացնում է նոր միմիմում՝ 750 °C-ում, որը բացատրվում է խտանյութի մեջ եղած խառնուկների հետ սողայի փոխազդեցությամբ: Միաժամանակ, արագանում է վերականգնման երկրորդ փուլի ռեակցիան՝ $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$: Այն իրականացվում է ինչպես պինդ ֆազային դիֆուզիոն մեխանիզմին՝ $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO} \uparrow$, այնպես էլ գազային ֆազի մեխանիզմին համապատասխան՝ $\text{FeO} + \text{CO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2 \uparrow$:

Հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ սողայի պարունակության մեծացմանը զուգընթաց $\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO}$ և $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$ վերականգնման արագությունը մեծանում է: Դա բացատրվում է սողայի և խառնուկների փոխազդեցությամբ, որի հետևանքով էլ տեղի է ունենում կապված երկաթի օքսիդների բացահայտում: $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$ վերականգնման երրորդ փուլն ընթանում է 900...1000 °C-ում:



Նկ. 5. 15% Na_2CO_3 պարունակող բովախառնուրդի ջերմաձանրաչափական կորերը. 1, 2, 3, 4-ը նմուշի տաքացման ժամանակ համապատասխանաբար ջերմաստիճանի (T), դիֆերենցիալ ջերմային անալիզի (DTA), զանգվածի փոփոխության (TG) և զանգվածի փոփոխության արագության (DTG) կորերն են, իսկ 1', 2', 3', 4'-ը՝ նմուշի սառեցման ժամանակ համապատասխանաբար T, DTA, TG և DTG կորերը

700...1100 °C ջերմաստիճանային միջակայքում վերականգնված բովախառնուրդի արգասիքների միներալոգիական անալիզի միջոցով բացահայտվել է, որ ընթացող սիլիկատառաջացման պինդ ֆազային ռեակցիաների հետևանքով առաջանում են Na_2SiO_3 , $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$, $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$, Ca_2SiO_4 , Mg_2SiO_4 , $2\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$, Al_2TiO_5 , CaCr_2O_4 , $2\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, $3\text{CaO} \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_2\text{MgSiO}_4$ միացությունները, որոնք հաստատում են երկակի (սկզբնական, 700...800 °C) և եռակի (երկրորդային, 900...1100 °C) ռեակցիաների համակարգերը: Արդյունքում՝ առաջանում են սիլիկատներ, ալյումինատներ, ալյումասիլիկատներ և այլ բարդ կոմպլեքսներ:

Ինչպես ցույց է տալիս ռենտգենաֆազային վերլուծությունը, հատիկավորված բովախառնուրդների վերականգնման գործընթացում՝ 1000...1050 °C ջերմաստիճանում, տեղի է ունենում պինդ ֆազային ռեակցիաների վերածածկում (առաջնային և երկրորդային):

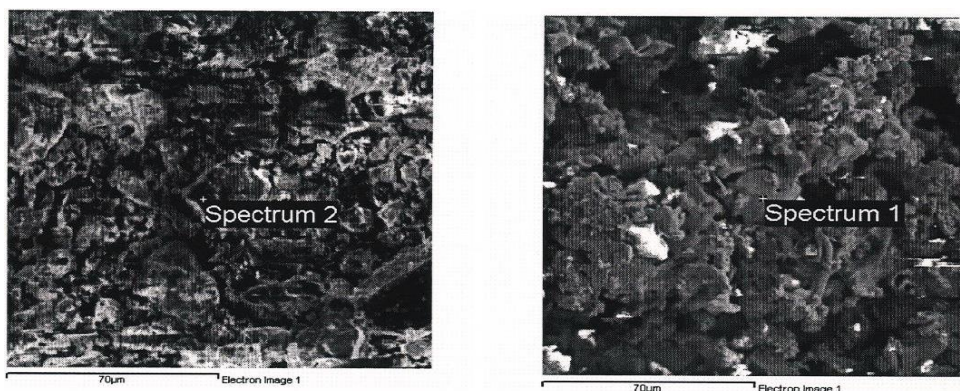
Ուսումնասիրվել են հեղուկ միջավայրում թրծված խտանյութի մանրացման ու մագնիսական տարանջատման գործընթացները, և ընտրվել են օպտիմալ ռեժիմներ, համաձայն որոնց՝ օպտիմալ լարվածությունը կազմում է 71640...79600 Մ/մ:

Հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ սողայի օգտագործումը մեծացնում է խարամներից ստացված բովախառնուրդի վերականգնման արագությունը: Այսպես. 5...15% սողա պարունակող բովախառնուրդների $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO}$ վերականգնման արագությունը $\alpha=10\%$ -ի դեպքում մեծանում է 6,5...7,5 անգամ, իսկ $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$

վերականգնման արագությունը, երբ $\alpha=50\ldots 60\%$, 2 անգամ: Սողան առավելագույն ազդեցություն է թողնում սկզբնական փուլում. արագության առավելագույն արժեքները շեղվում են դեպի ձախ: Դրանով է բացատրվում $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO}$ և $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$ վերականգնման փուլերի ուժեղ վերածածկումը: Ջերմաստիճանը բարձրացնելիս զգալիորեն մեծանում է ռեակցիայի արագությունը, և կրճատվում է վերականգնման տևողությունը: Այսպիսով, վերականգնման գործընթացի վրա մեծ ազդեցություն է թողնում սողայի ներմուծումը ջրային լուծույթի ձևով: Ներմուծումը կատարվում է հետևյալ փուլերով.

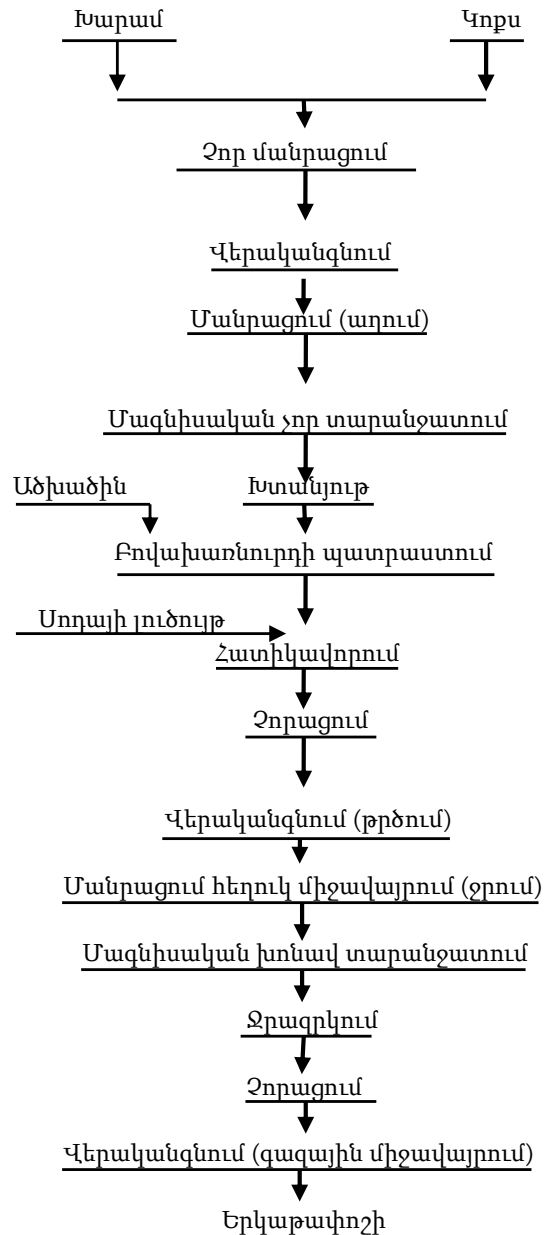
1. Բովախառնուրդի հատիկավորման գործընթացը համատեղվում է բովախառնուրդի մեջ սողայի ջրային լուծույթի ներմուծման գործընթացի հետ: Դա հնարավորություն է ստեղծում, որ սողայի մասնիկները հավասարաչափ բաշխվեն խառնուրդի ամբողջ ծավալով, որի հետևանքով նրա ակտիվությունը կտրուկ մեծանում է, և բովախառնուրդի վերականգնման (թրծման) ժամանակ ստացվում է փափուկ և ծակոտկեն սպունգ՝ բովագնդիկների տեսքով: Այս ամենը բարենպաստ պայմաններ է ստեղծում վերականգնման գործընթացի արդյունավետության համար:

2. Վերականգնման (թրծման) ջերմաստիճանը կարող է տատանվել լայն սահմաններում $1000\ldots 1200\text{ }^\circ\text{C}$: Բարձր ջերմաստիճաններում վերականգնելիս առաջանում են բարդ սիլիկատային միացություններ, որոնք չեն լուծվում ոչ թթուներում, ոչ էլ հիմքերում: Ելնելով դրանից, հատիկավորված բովախառնուրդը ենթարկվել է թրծման (վերականգնման)՝ մուֆելային վառարանում $800\ldots 1100\text{ }^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանային միջակայքում 2 ժամ տևողությամբ: Որպես լավարկված ջերմաստիճան վերցվել է $1000\ldots 1050\text{ }^\circ\text{C}$, իսկ պահման օպտիմալ տևողությունը՝ 3 ժամ: Նկ.6-ում պատկերված է թրծումից և վերականգնումից հետո ստացված երկաթափոշու կառուցվածքը: Ինչպես երևում է նկարից, այն սպունգաձև է, որը բնորոշ է վերականգնման եղանակով ստացված մետաղափոշիներին:



Նկ. 6. Երկաթափոշու կառուցվածքը թրծումից (ա) և վերականգնումից (բ) հետո

Համալիր հետազոտությունների հիման վրա մշակվել է պղնձաձուլական արտադրության թափոնակույտային խարամներից երկաթափոշու ստացման տեխնոլոգիական սխեմա (նկ.7):



Նկ. 7. Պղնձաձուլական արտադրության խարամներից երկաթափոշու ստացման տեխնոլոգիական սխեման

Համաձայն մշակված տեխնոլոգիայի, թափոնակույտային խարամները, գրաֆիտի հետ միասին, խոնավ միջավայրում ենթարկվել են դիսպերս մանրացման 2 ժամ տևողությամբ M-30 մակնիշի թրթռադացում՝ ձեռք բերելով բարձր ռեակցիոն կարողություն, որից հետո ենթարկվել են վերականգնման $950...1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճաններում, 1 ժամ տևողությամբ: Ստացված խտանյութի հետագա մշակումն իրականացվել է սողայով գտման միջոցով: Բովազնդիկները չորացվել և ենթարկվել են վերականգնման (թրծման) $850...900\text{ }^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճաններում, 1 ժամ տևողությամբ, որից հետո մանրացվել են ИМ-1 մակնիշի թաց մանրացման թմբուկային գնդադացում (ջրային միջավայրում) մինչև $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ չափի: Այնուհետև մանրացված զանգվածը բեռնավորվել է 120Б-СЭ տիպի և 75 կգ/ժամ արտադրողականությամբ թաց մագնիսական տարանջատիչի մեջ և ենթարկվել մագնիսական տարանջատման՝ բաժանելով ստացված երկաթափոշին սին ապարներից (ոչ մագնիսական բաղադրամասերից): Ստացված արգասիքը ջրազրկվել է, չորացվել և ենթարկվել վերականգնման ջրածնի միջավայրում՝ $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանում, 1 ժամ տևողությամբ: Արդյունքում՝ ստացվել են երկաթափոշի՝ $\text{Fe} \geq 99,0\%$, $\text{Cu} \leq 0,5\%$ քիմիական բաղադրությամբ, այլ խառնուրդներ՝ $\leq 0,5\%$:

Մշակված տեխնոլոգիայի առանձնահատկությունն այն է, որ սողան (նատրիումի կարբոնատը) ոչ միայն նպաստում է վերականգնման գործընթացին, այլ նաև առաջացնում է պինդ ֆազային միացություններ սիլիցիումի, ալյումինի, մանգանի, մագնեզիումի և այլ տարրերի օքսիդների հետ: Արդյունքում՝ առաջանում են ջրում լուծելի (Na_2SiO_3 , $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ և այլն) և անլուծելի քիմիական միացություններ: Դա հնարավորություն է տալիս ամբողջությամբ ազատվել սիլիցիումի, ալյումինի, մանգանի օքսիդներից, իսկ միացությունները, որոնք առաջանում են սողայի հետ միանալով, հեռացվում են մագնիսական թաց տարանջատման ժամանակ՝ անցնելով պոչանք:

Հետագոտվել են ստացված երկաթափոշու կառուցվածքը և հատկությունները: Ստացված արդյունքներն ամբողջությամբ համապատասխանում են ավանդական ПЖ-В1 մակնիշի երկաթափոշուն: Այն բեկորաձև կամ սպունգաձև է: Միկրոկարծրությունը տատանվում է $800...1160\text{ } \text{MPa}$, լիցքային խտությունը՝ $1,7...2,3\text{ } \text{g/cm}^3$, հոսունությունը՝ $6,1...11,0\text{ } \text{g/}^\circ\text{C}$, մամլունակությունը, 20% ծակոտկենության դեպքում, կազմում է $4,5...5,0\text{ } \text{m/m}^2$: $1100...1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանում 2 ժամ տևողությամբ եռակաված ծակոտկեն ($17...18\%$) նմուշներն ունեն բարձր ամրության սահման՝ $\sigma_{\sigma}=100...131\text{ } \text{MPa}$, հարաբերական երկարացումը՝ $\delta=7,8...12\%$ և կարծրությունը՝ $\text{HB}=320...400\text{ } \text{MPa}$:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Болдырев В.В.** Механохимия и механическая активация твердых веществ // Успехи химии / РАН.- 2006.- Т.75, вып.3.- С. 203-216.
2. **Бутягин П.Ю.** Разупорядоченные структуры и механохимические реакции в твердых телах // Успехи химии.- М.: Наука, 1984.- Т. 53, №11.- С. 1769-1789.
3. Физикохимия ультрадисперсных систем / Институт металлургии им. А.А. Байкова, АН СССР.- М.: Наука, 1987.- 150 с.
4. **Молчанов В.И., Юсупов Т.С.** Физические и химические свойства дисперсных минералов.- М.: Недра, 1981.- 201 с.
5. **Аввакумов Е.Г.** Механохимические методы активации химических процессов.- Новосибирск: Наука, 1986.- 306 с.
6. **Манукян Н.В.** Технология порошковой металлургии.- Ереван: Айастан, 1986.- 232 с.
7. Железные порошки: технология, состав, структура, свойства и экономика / **В.Б. Аккименко, В.Я. Буланов, В.В. Рукин** и др.- М.: Металлургия, 1981.- 88 с.
8. **Кипарисов С.С., Либенсон Г.А.** Порошковая металлургия.- М.: Металлургия, 1980.- 495 с.
9. **Եզակյան Հ.Հ.** Պղնձաձուլական արտադրության խարամների մանրացման մեխանիկական պինդֆազային ռեակցիաների կինետիկան և էներգետիկական բնութագրերը // Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբեր.- 2011.- Հատ.8, №2.- էջ 363-367:

ՀՊՀՀ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 05.11.2013:

С.Г. АГБАЛЯН, А.О. ЕЗАКЯН, С.Г. БОЯДЖЯН

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОГО ПОРОШКА ИЗ ШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Разработана технология получения железного порошка из шлаковых отходов медеплавильного производства, главными особенностями которой являются химическая активация порошка за счет их дисперсионного измельчения, получение концентрата восстановлением и сухой магнитной сепарацией, получение ферромагнитной фазы путем отжига шихты при температурах 1000...1050 °С продолжительностью выдержки 2,5...3 часа при наличии углерода и карбоната натрия, мокрая магнитная сепарация с разделением пустых пород из растворов и дальнейшее низкотемпературное ($T_{\text{в}}=750\pm 10^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{в}}=1,0$ час) восстановление.

Ключевые слова: шлак, фаялит, углерод, механохимическая активация, восстановление, магнитная сепарация, концентрат, сода, грануляция, отжиг, железный порошок.

S.G. AGHBALYAN, H.H. EZAKYAN, S.G. BOYAJYAN

DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR OBTAINING IRON POWDER FROM SLAG WASTES OF COPPER SMELTING PRODUCTION

A technology is developed for obtaining iron powder from slag wastes of copper smelting production whose main peculiarities are the chemical activation of the powder at the expense of their dispersion grinding, obtaining the concentrate by means of reduction and dry magnetic separation, obtaining the ferromagnetic phase by annealing the batch at temperatures 1000...1050°C with the duration of exposure 2.5...3.0 hours, at the presence of sodium carbonate and carbon, wet magnetic separation with separation of waste rock from solutions and further low-temperature reduction ($T_{\text{w}} = 750^{\pm 10} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{v}} = 1.0 \text{ h}$).

Keywords: slag, fayalite, carbon, mechanochemical activation, reduction, magnetic separation, concentrate, soda, granulation, annealing, iron powder.

З.А. МИНАСЯН, Р.С. МКОЯН, А.С. КАРАПЕТЯН

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ФОРМОВАНИЯ
ЧУЛОЧНО-НОСОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКЕ**

Рассмотрен процесс формования чулочно-носочных изделий на разработанной установке, выполняющей отделочные операции (влажно-тепловая обработка, крашение и формование) в одной рабочей камере. Получена математическая модель, которая позволяет оптимизировать технологические режимы процесса формования.

Ключевые слова: формование, чулочно-носочные изделия, установка, рабочая камера, математическая модель, технологические режимы.

Введение. Для стабилизации структуры волокон и пряжи, из которых изготовлены чулочно-носочные изделия, проводят формование готовых изделий на следующих машинах и установках:

- 1) паро- и электроформы (для формования при соприкосновении изделий с нагретой металлической поверхностью);
- 2) утильно-формовочные машины (для формования изделий нагретым воздухом);
- 3) чулочно-формовочные отделочные машины (для одновременного формования, аппретирования и каландрования), являющиеся наиболее совершенным оборудованием из всех типов формовочных машин [1, 2].

С целью уменьшения продолжительности отделочных операций, в частности операции формования, на кафедре “Текстильная инженерия” Гюмрийского филиала Государственного инженерного университета Армении (Политехник) разработана модернизированная установка, совмещающая отделочные операции чулочно-носочных изделий (влажно-тепловая обработка, крашение и формование) в одной рабочей камере [3].

Постановка задачи и обоснование методики. Для моделирования продолжительности формования чулочно-носочных изделий проводились эксперименты на модернизированной установке с фиксацией следующих параметров режима формования: давление воздушного потока, изменяющееся в пределах $P = (0,05...0,15) \text{ МПа}$, температура в камере установки, изменяющаяся в пределах $t = (90...96) ^\circ\text{C}$, и угловая скорость вращения колодок, изменяющаяся в пределах $\omega = (40...60) \text{ рад / с}$. Готовые образцы устанавливали на цилиндрические колодки и производили их формование. Продолжительность формования фиксировалась секундомером марки “АГАТ” 4282, давление воздушного потока

измерялось манометром модели МКУ-1071, температура воздуха в камере установки - биметаллическим термометром марки Wss-501. Угловая скорость вращения колодок устанавливалась при помощи преобразователя марки ODE-2-12037-1KB12-01 и фиксировалась положением переключателя.

Результаты экспериментальных исследований сведены в табл. На основе полученных данных был осуществлен поиск оптимальных параметров формования чулочно-носочных изделий: давления воздушного потока (P), температуры в камере установки (t) и угловой скорости вращения колодок (ω), обеспечивающих требуемое качество чулочно-носочных изделий при минимальных затратах времени.

Таблица

Режимы формования чулочно-носочных изделий

N	P , МПа	t , °C	ω , рад/с	τ , мин		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		14	0,1	93	50	1
1	0,05	90	40	2		15	0,15	93	50	2
2	0,1	90	40	2		16	0,05	96	50	2
3	0,15	90	40	1,5		17	0,1	96	50	1
4	0,05	93	40	2		18	0,15	96	50	1,5
5	0,1	93	40	1		19	0,05	90	60	1
6	0,15	93	40	2		20	0,1	90	60	1
7	0,05	96	40	1		21	0,15	90	60	1,5
8	0,1	96	40	1		22	0,05	93	60	2
9	0,15	96	40	1		23	0,1	93	60	1
10	0,05	90	50	2		24	0,15	93	60	2
11	0,1	90	50	1		25	0,05	96	60	1
12	0,15	90	50	2		26	0,1	96	60	1
13	0,05	93	50	2		27	0,15	96	60	1

Результаты исследования. Для моделирования продолжительности формования в зависимости от давления воздушного потока, температуры в камере установки и угловой скорости вращения колодок был проведен ротатбельный центральный композиционный эксперимент (РЦКЭ) по матрице 3^3 . РЦКЭ проводится чаще всего с целью описания “почти стационарного” участка поверхности отклика. В этом случае адекватной регрессионной многофакторной моделью является полином второго порядка [4, 5]

$$Y_R = b_0 + \sum_{i=1}^M b_i x_i + \sum_{i=j=1}^M b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^M b_{ii} x_{ii}^2,$$

где Y_R - расчетное значение выходного параметра (времени процесса формования), которое получается в результате интерполяции экспериментальных

значений по методу наименьших квадратов; x_i - кодированные значения уровней факторов; b_i, b_{ij} - выборочные значения коэффициентов регрессии; $i = 1, \dots, M; j = 1, \dots, M$ - номер фактора.

Ротатабельное планирование второго порядка позволяет описать исследуемый процесс уравнениями регрессии следующего вида [5]:

$$Y_R = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2.$$

Определение коэффициентов (b_i) проводилось при помощи программы Mathcad 15.0. Полученная регрессионная модель имеет следующий вид:

$$Y = 0,81 + 0,03x_1 - 0,284x_2 - 0,096x_3 + 0,067x_1x_2 - 0,123x_1x_3 + 0,13x_2x_3 + 0,957x_1^2 + 0,24x_2^2 + 0,23x_3^2.$$

Пользуясь методами математического анализа (определение частных производных, приравнивание их нулю и решение системы уравнений), для оптимальных значений факторов x_1 , x_2 и x_3 , при которых критерий Y_R достигает минимального значения, получаем: $x_1 = -0,034; x_2 = 0,587; x_3 = 0,0336$, а с именованными единицами измерения – соответственно $P = 0,1 \text{ МПа}; t = 93^\circ\text{C}; \omega = 50 \text{ рад/с}$.

Регрессионная модель в именованных значениях коэффициентов имеет следующий вид:

$$\tau = -105,2P - 5,316t - 0,618\omega + 382,8P^2 + 0,02667t^2 + 0,0023\omega^2 + 0,44667Pt - 0,246P\omega + 0,0043t\omega + 273,326.$$

При вышеуказанных значениях факторов $\tau_{\min} = 0,81 \text{ мин}$.

Для построения графиков зависимостей двух факторов от времени один из факторов в каждом случае оставляем неизменным. Для случая, когда $P = (0,05 \dots 0,15) \text{ МПа}$, $t = (90 \dots 96)^\circ\text{C}$, а $\omega = 50 \text{ рад/с}$, модель принимает вид

$$\tau = -117,5P - 5,099t + 382,8P^2 + 0,0267t^2 + 0,4467Pt + 248,176, \quad (1)$$

а график зависимостей давления воздушного потока и температуры в камере установки от времени показан на рис. 1.

Для случая, когда $P = (0,05 \dots 0,5) \text{ МПа}$, $t = 93^\circ\text{C}$, а $\omega = (40 \dots 60) \text{ рад/с}$, модель принимает вид

$$\tau = -63,659P - 0,215\omega + 382,8P^2 + 0,0023\omega^2 - 0,246P\omega + 9,607, \quad (2)$$

а график зависимостей давления воздушного потока и угловой скорости вращения колодок от времени показан на рис. 2.

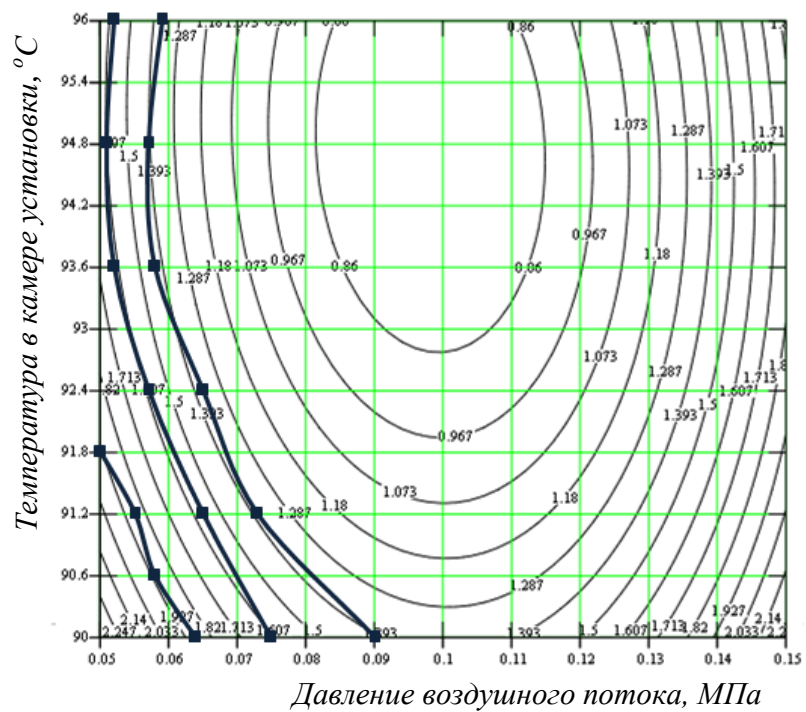
$$\tau = -5,2713t - 0,6426\omega + 0,0267t^2 + 0,0023\omega^2 + 0,0043t\omega + 266,634, \quad (3)$$


Рис. 1. График зависимостей давления воздушного потока и температуры в камере установки от времени.

— Расчет по модели, —■— экспериментальные данные

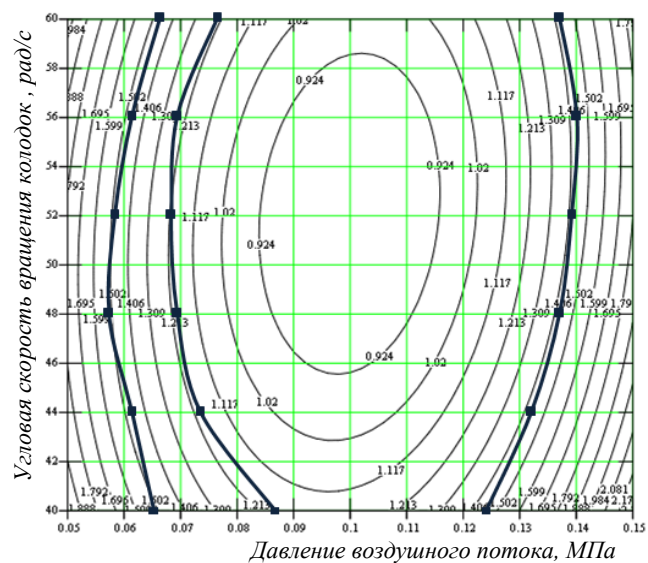


Рис. 2. График зависимостей давления воздушного потока и угловой скорости вращения колодок от времени.

— Расчет по модели, —■— экспериментальные данные

На рис. 1 – 3 показаны также экспериментальные данные указанных зависимостей.

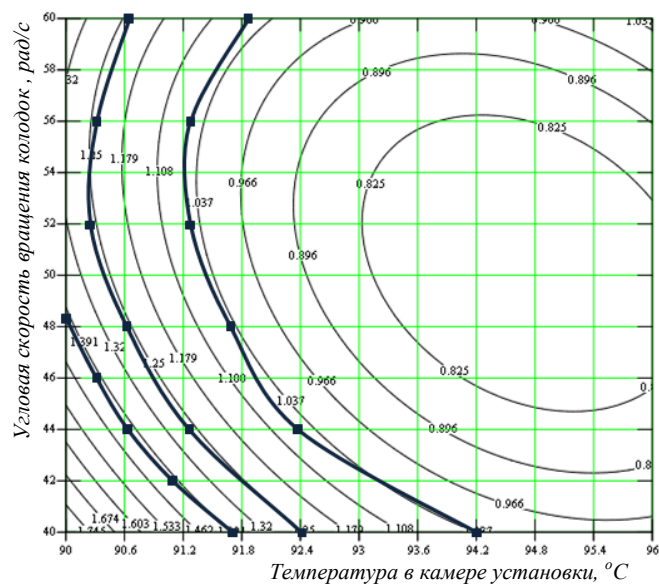


Рис. 3. График зависимостей температуры в камере установки и угловой скорости вращения колодок от времени.

— Расчет по модели, —■— экспериментальные данные

Заклучение. Исследования процесса формования чулочно-носочных изделий подтвердили адекватность полученной математической модели и экспериментальных данных, что позволяет применить данную модель для оптимизации технологических режимов процесса формования. При этом оптимальным временем для формования чулочно-носочных изделий является $(0,5 \dots 1)$ мин при давлении воздушного потока $0,1$ МПа, температуре в камере установки 93°C и угловой скорости вращения колодок 50 рад/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Абрамов С.А.** Химическая технология отделки трикотажных изделий. – М.: Легкая индустрия, 1966. – 418 с.
2. **Мигальцо И.И., Третьякова Л.И., Нэмет Э., Эперыши Г.** Термические процессы в швейной промышленности. – Киев: Техніка; Будапешт: Műszaki, 1987. – 213 с.
3. **Карапетян А.С., Мкоян Р.С., Минасян З.А.** Установка для отделки чулочно-носочных изделий // Вестник Инженерной академии Армении: Сборник научно-технических статей. – 2013. – Том 10, №1. – С. 126 – 129.
4. **Севостьянов А.Г.** Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980. – 392 с.
5. **Раяцкас В.Л., Люкайтис И.И., Ратаутас С.-А.С.** Практикум по технологии изделий из кожи. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 279 с.

Гюмрийский филиал ГИУА (ПОЛИТЕХНИК). Материал поступил в редакцию 28.10.2013.

Ջ.Ա. ՄԻՆԱՍՅԱՆ, Ռ.Ս. ՄԿՈՅԱՆ, Ա.Ս. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

**ԳՈՒԼՊԵՂԵՆԻ ԶԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ՏԵՎՈՂՈՒԹՅԱՆ ՄՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ
ԿԱՏԱՐԵԼԱԳՈՐԾՎԱԾ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔԻ ՎՐԱ**

Դիտարկվել է գուլպեղենի ձևավորման գործընթացը մշակված տեղակայանքի վրա, որն իրականացնում է վերջնամշակման գործողությունները (ջերմախոնավային մշակում, ներկում, ձևավորում) մեկ աշխատանքային խցիկում: Մտացվել է մաթեմատիկական մոդել, որը թույլ է տալիս լավարկել ձևավորման գործընթացի տեխնոլոգիական ռեժիմները:

Առանցքային բաներ. ձևավորում, գուլպեղեն, տեղակայանք, աշխատանքային խցիկ, մաթեմատիկական մոդել, տեխնոլոգիական ռեժիմներ:

Z.A. MINASYAN, R.S. MKOYAN, A.S. KARAPETYAN

**MODELING THE DURATION OF HOSIERY FORMING ON A MODERNIZED
INSTALLATION**

The process of forming hosiery on the developed installation carrying out finishing operations of hosiery (wet-thermal processing, dyeing and forming) in one working chamber is considered. A mathematical model allowing to optimize the technological modes of the forming process is obtained.

Keywords: forming, hosiery, installation, working chamber, mathematical model, technological modes.

Գ.Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

**ԲԱՐԴ ԷՆԵՐԳԱՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ ԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼ ՌԵԺԻՄՆԵՐԻ
ԸՆՏՐՈՒԹՅԱՆ ՄԵԹՈԴԸ**

Դիտարկվում է էներգահամակարգի ռեժիմների լավարկման խնդիրը, երբ հաշվի են առնվում ջերմային կայանների կողմից կատարվող արտանետումների ծախսերը: Այս դեպքում հիմնախնդիր է հանդիսանում այդ գործոնների դիտարկումը:

Առանցքային բաներ. ջերմային էլեկտրակայաններ, էներգետիկական արտադրություն, բեռի բաշխում:

Էլեկտրական էներգիայի կենտրոնացված արտադրությունն ունի մի շարք առավելություններ, դրանք են. բարձրացնում է սպառիչների էլեկտրամատակարարման հուսալիությունը, նվազեցնում է պահուստային անհրաժեշտ հզորությունը, իջեցնում է արտադրվող էլեկտրաէներգիայի ինքնարժեքը և թույլ է տալիս սահմանել մեծ միավոր հզորությամբ ագրեգատներ: Վերջինի դեպքում անհրաժեշտ է համակարգի բեռնվածքը յուրաքանչյուր պահին օպտիմալ բաշխել աշխատող ագրեգատների միջև: Էլեկտրաէներգետիկական համակարգի՝ որպես կառավարվող օբյեկտի հետագա զարգացումը անհրաժեշտություն է առաջացնում՝ դիտարկելու աղտոտման գործոնի օպտիմալացման խնդիրները:

Այսպիսով, բազմանպատակային օպտիմալացման խնդրի դիտարկումը, որը ներառում է էներգահամակարգի զարգացման պլանավորման մեթոդների, էլեկտրաէներգետիկական համակարգի աշխատանքային ռեժիմների կառավարման միջոցների և մեթոդների մշակումը, արդիական է աշխատող կայանների շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության, մասնավորապես՝ օդային աղազան արտանետումների գնահատման տեսանկյունից [1]:

Խնդրի դրվածքը. Դիտարկվում է էներգահամակարգ՝ բաղկացած n թվով ՀԷԿ-երից և m թվով ՋԷԿ-երից, որտեղ անհրաժեշտ է հաշվի առնել համակարգում աշխատող ջերմային կայանների արտանետումների ազդեցությունը օպտիմալ ռեժիմներն ընտրելիս:

Խնդրի լուծման համար ջերմային էլեկտրակայանների էներգետիկ բնութագրերը (ըստ ծախսային և հարաբերական աճի) ներկայացվում են ոչ թե ծախսային, այլ դրամային միավորներով, այսինքն՝ ծախսային բնութագիրը ներկայանում է որպես վառելիքի ծախսի դրամական արժեքի կախվածություն հզորությունից, իսկ հարաբերական աճը՝ b_i , $\partial B_i / \partial P_{Ti}$ -ի փոխարեն կներկայացվի $\alpha_i \partial B_i / \partial P_{Ti}$ արտահայտությամբ, որտեղ B_i -ն i -րդ ջերմային կայանի վառելիքի ժամային ծախսն է, d^2/dt , α_i -ն՝

i-րդ ջերմային կայանում վառելիքի գինը, $\$/\text{մ}^3$, P_{Ti} -ն՝ i-րդ ՋԷԿ-ի հզորությունը, $U^{\text{վառ}}$:

Վերը նշված բնութագրերում, կախված ագրեգատների տիպից և քանակից, յուրաքանչյուր կայանի համար պետք է որոշվեն սահմանային թույլատրելի արտանետումները (ՍԹԱ): Հարկ է նշել, որ ագրեգատների քանակն ըստ ստանդարտի նախատեսվում է 2, 4 կամ 6 հատ:

Բնութագրերի՝ դրամային միավորներով արտահայտման նշված փոփոխությունը, բնականաբար, չի ազդում էներգետիկական բնութագրերի տեսքի վրա: Իսկ ինչ վերաբերում է ՍԹԱ-ին, ապա այն յուրաքանչյուր կայանի համար ընդունում է տարբեր արժեքներ՝ կախված տվյալ կայանի տարածքում աղտոտող նյութերի ֆոնային խտությունից, կայանում ծխնելույզների քանակից և բարձրություններից, ծխնելույզից արտանետվող ծխագազերի ծախսից, աղտոտող նյութերի ՍԹԱ-ից և այլն: Հետևապես, կախված ՍԹԱ-ի արժեքից, «թույլատրելի» հզորությունները՝ P_{Ti}^* տարբեր ջերմային կայաններում կլինեն տարբեր:

Քանի որ, ինչպես վերը նշվեց, մեր խնդրում ռեժիմների բաշխման ժամանակ անհրաժեշտ է ժամանակի յուրաքանչյուր պահին վառելիքի և ՍԹԱ-ից բարձր արտանետումների գումարի արժեքի նվազագույն լինելու պայմանի ապահովում, ուստի ինչպես յուրաքանչյուր ջերմային կայանի, այնպես էլ ամբողջ ջերմային ենթահամակարգի էներգետիկական բնութագրերը, սկսած P_{Ti}^* հզորությունից, կշեղվեն դեպի վեր:

Հետևաբար, հարաբերական աճի բնութագիրը նույնպես, սկսած P_{Ti}^* հզորությունից, կաճի՝ ի հաշիվ $\Delta b_i = \beta \partial M_i / \partial P_{Ti}$: Գումարային հարաբերական աճը կստանա

$$b_i^* = b_i + \Delta b_i$$

տեսքը, որտեղ M_i -ն i-րդ կայանի ՍԹԱ-ից բարձր արտանետումների չափն է, q/i , որը մինչև P_{Ti}^* հզորությունն ունի զրո արժեք, β_i -ն՝ i-րդ կայանի ՍԹԱ-ից բարձր արտանետումների դեպքում սահմանված տուգանքների չափը:

Պայմանականորեն կատարենք հետևյալ նշանակումը. $3_i(P_i) = \alpha_i B_i + \beta_i M_i$:

ՍԹԱ-ից բարձր արտանետումների վճարներն ակնհայտ կերպով պատկերելու համար ներկայացնենք 2K-160-130 տուրբինի էներգետիկական բնութագրերը աղյուսակների տեսքով (աղ.1,2), մի դեպքում՝ հաշվի չառնելով $\beta_i M_i$ բաղադրիչը, մյուս դեպքում՝ ներառելով այն [2, 3]: Ընդ որում, որպես վառելիք օգտագործվում է բնական գազը ($Q_{\text{գ}} = 8200 \text{ կկալ}/\text{մ}^3$):

Գրաֆիկորեն հարաբերական աճի բնութագիրը կընդունի նշված տեսքը. (նկ.): Ընդ որում, $P_{Ti}^{\min} \leq P_{Ti}^* \leq P_{Ti}^{\max}$:

Վառելիքի և արտանետումների գումարային ծախսը՝ արտահայտված դրամական միավորներով, ջերմային կայաններում ժամանակի ցանկացած պահին, հաշվի

առնելով անցումային պրոցեսները փոփոխական աշխատանքային ռեժիմներում, կարելի է ներկայացնել (1) արտահայտությամբ [4, 5].

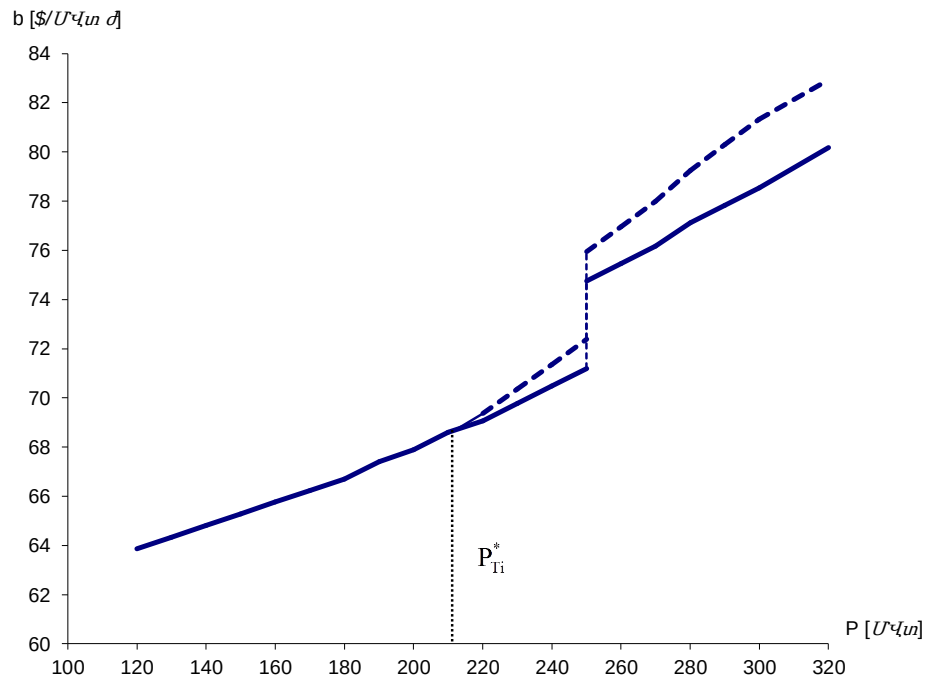
Աղյուսակ 1			Աղյուսակ 2		
P,	B,	b*,	P,	3(P),	b*,
<i>ՄՎտ</i>	<i>\$/ժ</i>	<i>\$/ՄՎտ*ժ</i>	<i>ՄՎտ</i>	<i>\$/ժ</i>	<i>\$/ՄՎտ*ժ</i>
120	8989	63,87	120	8989	63,87
130	9745	64,34	130	9745	64,34
140	10408	64,81	140	10408	64,81
150	11117	65,29	150	11117	65,29
160	11827	65,76	160	11827	65,76
170	12537	66,23	170	12537	66,23
180	13246	66,7	180	13246	66,7
190	13909	67,41	190	13909	67,41
200	14618	67,89	200	14618	67,89
210	15281	68,6	210	15281	68,6
			212	15423	68,7
220	15990	69,07	220	15993	69,37
230	16794	69,78	230	16800	70,36
240	17504	70,49	240	17513	71,36
250	18261	71,2/74,75	250	18273	72,39/75,94
260	19018	75,46	260	19033	76,96
270	19775	76,17	270	19793	77,99
280	20532	77,11	280	20553	79,29
290	21289	77,82	290	21313	80,3
300	22093	78,53	300	22121	81,33
320	23749	80,19	320	23784	81,93

$$\sum_{i=1}^m \mathcal{Z}_i \left(P_{Ti} \right) = f(t, \overline{P}_T, \overline{P}_T'), \tag{1}$$

$$\overline{P}_T = (P_{T1}, P_{T2}, ..., P_{Tm}), \overline{P}_T' = \frac{d\overline{P}_T}{dt},$$

որտեղ *t* -ն դիտարկվող ժամանակն է, *ժ*, $\overline{P}_T'$ -ը՝ ՋԷԿ-ի բեռի փոփոխման արագությոնը, *ՄՎտ/ժ*.

Խնդիրը մաթեմատիկորեն կարելի է ձևակերպել հետևյալ կերպ.



Նկ. 2K-160-130 էներգաբլոկի հարաբերական աճի բնութագիրը

Անհրաժեշտ է գտնել

$$\int_{t_0}^{t_k} \sum_{i=1}^m 3_i(P_{Ti}) dt \rightarrow \min, \quad (2)$$

միաժամանակ ապահովելով համակարգի հզորությունների հաշվեկշռի պայմանը՝

$$\varphi_t = \sum_{i=1}^m P_{Ti} + \sum_{j=1}^n P_j - P_c - \Delta P = 0, \quad (3)$$

և ջրամբարի աշխատանքային ռեժիմների սահմանային պայմանները՝

$$V_{rj} = \frac{dV_{rj}}{dt} = q_j - Q_{rj}, \quad (4)$$

$$V_{rj}(t_0) = 0, \quad V_{rj}(t_k) = V_{rj}^*,$$

որտեղ V_{rj} -ն j -րդ ՀԷԿ-ի ընթացիկ ջրի ծավալն է, q_j -ն՝ j -րդ կայանի կողային հոսքը,

Q_{rj} -ն՝ j -րդ ՀԷԿ-ի տուրբիններից բաց թողնված ջրի ելքը, V_{rj}^* -ը՝ օրական օգտագործվող ջրի ծավալը:

Նշված խնդիրը տիպիկ հարաբերական էքստրեմումի վարիացիոն խնդիր է, երբ պահանջվում է փնտրել (2) ֆունկցիոնալի մինիմումը՝ հաշվի առնելով (3) և (4) սահմանափակումները:

Կիրառելով Լագրանժի անորոշության գործակիցը՝ պայմանական էքստրեմումի խնդիրը կարելի է բերել ոչ պայմանական էքստրեմումի խնդրի [6]: Այդ դեպքում անհրաժեշտ է հետազոտել հետևյալ ֆունկցիոնալը.

$$B = \int_{t_0}^{t_k} \sum_{i=1}^m (3_i + \lambda_t \varphi_t) dt = \int_{t_0}^{t_k} F^* dt, \quad (5)$$

$$F^* = \sum_{i=1}^m 3_i + \lambda_t \varphi_t :$$

Վարիացիոն հաշվարկի տեսությունից հայտնի է, որ դիտարկվող ֆունկցիոնալի էքստրեմումն իրականացնող կորերը պետք է բավարարեն Էյլեր-Լագրանժի դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգին, որն ունի հետևյալ տեսքը [7]՝

$$\begin{cases} \frac{\partial F^*}{\partial P_{Ti}} - \frac{d}{dt} \frac{\partial F^*}{\partial P_{Ti}'} = 0, & i = 1, 2, \dots, m, \\ \frac{\partial F^*}{\partial V_{rj}} - \frac{d}{dt} \frac{\partial F^*}{\partial V_{rj}'} = 0, & j = 1, 2, \dots, n: \end{cases} \quad (6)$$

Այս արտահայտությունները գրենք բացված տեսքով՝

$$\begin{cases} \frac{\partial 3_i}{\partial P_{Ti}} + \lambda_t \left(1 + \frac{\partial \Delta P}{\partial P_{Ti}} \right) - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial 3_i}{\partial P_{Ti}'} \right) = 0, \\ \lambda_t \left(1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_{rj}} \right) \frac{\partial P_{rj}}{\partial V_{rj}} - \frac{d}{dt} \left[\lambda_t \left(1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_{rj}} \right) \frac{\partial P_{rj}}{\partial V_{rj}'} \right] = 0: \end{cases} \quad (7)$$

Եթե հաշվի չառնենք անցումային պրոցեսների ազդեցությունը, ապա (7) հավասարումների համակարգի առաջին հավասարման վերջին անդամը կարելի է հավասարեցնել զրոյի: Այդ դեպքում առաջին հավասարումից գտնելով λ_t -ն և տեղադրելով երկրորդ հավասարման մեջ՝ կստանանք.

$$\lambda_i = -\frac{\frac{\partial Z_i}{\partial P_{Ti}}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_{Ti}}\right)}$$

$$\frac{-\frac{\partial Z_i}{\partial P_{Ti}}\left(1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_{Tj}}\right)\frac{\partial P_{Tj}}{\partial V'_{Tj}}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_{Ti}}\right)} + \frac{d}{dt} \left[\frac{\frac{\partial Z_i}{\partial P'_{Ti}}\left(1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_{Tj}}\right)\frac{\partial P_{Tj}}{\partial V'_{Tj}}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_{Ti}}\right)} \right] = 0 : \quad (8)$$

Եթե $\frac{1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_{Tj}}}{1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_{Ti}}}$ արտահայտությունը նշանակենք σ_i -ով և կատարենք որոշակի

ձևափոխություններ, ապա կստանանք՝

$$\sigma_i b_i^* \frac{\partial P_{Tj}}{\partial V_{Tj}} - \frac{d}{dt} \left[\sigma_i b_i^* \frac{\partial P_{Tj}}{\partial Q_{Tj}} \right] = 0 : \quad (9)$$

Ինտեգրելով (9) արտահայտությունը, կստանանք՝

$$\int \sigma_i b_i^* \frac{\partial P_{Tj}}{\partial V_{Tj}} + \sigma_i b_i^* \frac{\partial P_{Tj}}{\partial Q_{Tj}} = C_j, \quad (10)$$

որտեղ C_j ($j = 1, 2, \dots, n$) հաստատուն մեծություն է:

Եթե ՀԷԿ-ի էջքը հաստատուն է, ապա՝ $\int \sigma_i b_i^* \frac{\partial P_{Tj}}{\partial V_{Tj}} = 0$ և $\int \sigma_i b_i^* \frac{\partial P_{Tj}}{\partial Q_{Tj}} = C_j$,

կամ $\int \sigma_i \frac{b_i^*}{q_{Tj}} = C_j$:

Տեղադրելով σ_i -ի փոխարեն իր արժեքը, կստանանք՝

$$\frac{b_i^*}{1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_{Ti}}} = C_j \frac{q_{Tj}}{1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_{Tj}}} : \quad (11)$$

Եթե անտեսենք կորուստների հարաբերական աճերը համակարգում, կստանանք.

$$b_i^* = C_j q_j, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n : \quad (12)$$

Այսինքն, որպեսզի բարդ էներգահամակարգում կայանների աշխատանքային ռեժիմները լինեն օպտիմալ, անհրաժեշտ է, որ ժամանակի ցանկացած t պահին ջերմային կայանների հարաբերական աճերը լինեն հավասար ՀԷԿ-երի հարաբերական աճերին՝ բազմապատկած C_j գործակցով, որի մեծությունը կարգավորման ամբողջ փուլում պետք է լինի հաստատուն:

$$C_j = \frac{b_i^*}{q_j} \text{ [Մ/ՎՊ]}.$$

Այս գործակիցը ցույց է տալիս, թե 1 ՎՊ ջրի դեպքում որքան վառելիք և արտատնտման վճարների դրամական ծախս է անհրաժեշտ: Խնդիրը լուծելիս C_j գործակիցը որոշվում է հաջորդական մոտեցման սկզբունքով:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Озерова И.П., Новиков Р.С.** Обоснование необходимости распределения нагрузок между агрегатами ТЭС на базе комплексного критерия // Известия Томского политехнического университета. - Томск, 2002. - Т. 305, N 2.- С. 108-114.
2. ՀՀ օրենքը “Բնապահպանական վճարների դրույքաչափերի մասին”, 2006:
3. ՀՀ օրենքը “Բնապահպանական և բնօգտագործման վճարների մասին”, 1998:
4. **Горнштейн В.М., Мирошниченко Б.М.** Методы оптимизации режимов энергосистем.- М.: Энергоиздат, 1981.- 336 с.
5. **Цветков Е.В., Алябаева Т.М., Парфенов Л.Г.** Оптимальные режимы гидроэлектростанций в энергетических системах.- М.: Энергоатомиздат, 1984.- 304 с.
6. **Веников В.А., Журавлев В.Г., Филиппова Т.А.** Оптимизация режимов электростанций и энергосистем.- М.: Энергоиздат, 1990.- 352 с.
7. **Բուռնայան Հ.Ա., Էլբակյան Մ.Ֆ.** Ջերմաէլեկտրակենտրոնների ագրեգատների աշխատանքային ռեժիմների լավարկումը բարդ էներգահամակարգում // ՀՊՃՀ Լրաբեր. - 2010. - Հ.7, № 4. - էջ 657-661:

ՀՊՃՀ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 25.08.2013:

Г.А. АРУТЮНЯН

**МЕТОД ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ СТАНЦИЙ СЛОЖНОЙ
ЭНЕРГОСИСТЕМЫ**

Обсуждается оптимизация режимов с учетом затрат на выбросы тепловых электростанций. Показано, что в этом случае основной задачей является учет этих факторов.

Ключевые слова: тепловая электростанция, энергетическое производство, распределение нагрузки.

G.A. HARUTYUNYAN

**A METHOD FOR SELECTING OPTIMUM MODES OF PLANTS OF A COMPLEX
POWER SYSTEM**

The mode optimization taking into account the expenses of the effluents from thermal power plants is considered. It is shown that in that case the main task is consideration of those factors.

Keywords: thermal power plant, power production, load distribution.

ՀՏԴ 681.3

ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ ԵՎ
ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ

Խ.Գ. ՇԱՐՈՑԱՆ, Ա.Գ. ԳԱԼՍՏՅԱՆ, Ռ.Պ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

ԳՐԱԴԱՐԱՆԱՅԻՆ ԳՈՐԾԱՌՈՒՅԹՆԵՐԻ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՄԱՆ <<ԷԼԳՐԱԴ-1>>
ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ՆԵՐԿՐՈՒՄԸ

Մշակվել և ներդրվել է էլեկտրոնային ձևաչափով ներկայացված գրականության ընթերցման և գրադարանների գործառնությունների էլեկտրոնային վարման ենթահամակարգ: “ԷԼԳՐԱԴ-1” համակարգը մշակված և իրագործված է մոդուլային սկզբունքով. “ԷԼԳՐԱԴ-1” համակարգի տվյալների հենքի աղյուսակների կառուցվածքը հնարավորություն է տալիս տեղեկատվությունը համադրելու գոյություն ունեցող գրադարանային այլ համակարգերի հետ (Winisis, Aleph և այլն):

Առանցքային բառեր. հեղինակ, թեմատիկա, ընթերցող, գրքերի տացք, քարտադարան, տեղեկատվություն, որոնում, հիշեցում - գիրք, էլեկտրոնային գրքեր:

Ներածություն: Գրադարանների էլեկտրոնային իրագործման “ԷԼԳՐԱԴ-1” համակարգը նախատեսված է դպրոցներում հանձնարարվող հայոց լեզվի պարտադիր և արտադասարանային ընթերցանության ողջ գրականության էլեկտրոնային ներկայացման և գրադարանների գործառնությունների վարման ավտոմատացման համար [1]:

Համակարգի տվյալների հենքում դպրոցում հանձնարարվող հայոց լեզվով ընթերցման համար բոլոր գրքերի առկայությունը (“ՈՍԿԵ ՇՂԹԱ-1”)՝ պատկերների տեսքով, նորույթ է գրադարանային դասական ծրագրերի հետ համեմատած (250 ստեղծագործություն 15000 էջ ընդհանուր ծավալով):

Համակարգում կարող են ներառվել ինչպես այլ էլեկտրոնային գրքեր, այնպես էլ ավանդական (թղթային տեսքով) գրականությունը: Համակարգը կարելի է կիրառել նաև ցանկացած (ոչ դպրոցական) գրադարանում:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: “ԷԼԳՐԱԴ-1” համակարգի մշակման խնդիրն է եղել ապահովել գրադարանների գործունեության էլեկտրոնային միջավայրը: Համակարգը բաղկացած է երկու ենթահամակարգերից.

- էլեկտրոնային ձևաչափով ներկայացված գրականության ընթերցման ենթահամակարգ [2],
- գրադարանների գործառնությունների էլեկտրոնային վարման ենթահամակարգ [3]:

“ԷԼԳՐԱԴ-1” համակարգը մշակված և իրագործված է մոդուլային սկզբունքով, և վերը թվարկված նրա բաղադրիչներից յուրաքանչյուրը կարելի է տեղադրել և շահագործել իրարից անկախ, առանձին-առանձին:

“ԷԼԳՐԱԴ-1” համակարգի տվյալների հենքի աղյուսակները կառուցված են այնպիսի տրամաբանությամբ, որը հնարավորություն է տալիս տեղեկատվությունը հա-

մադրելու գոյություն ունեցող գրադարանների՝ ծրագրային ապահովման այլ համակարգերի հետ [4]:

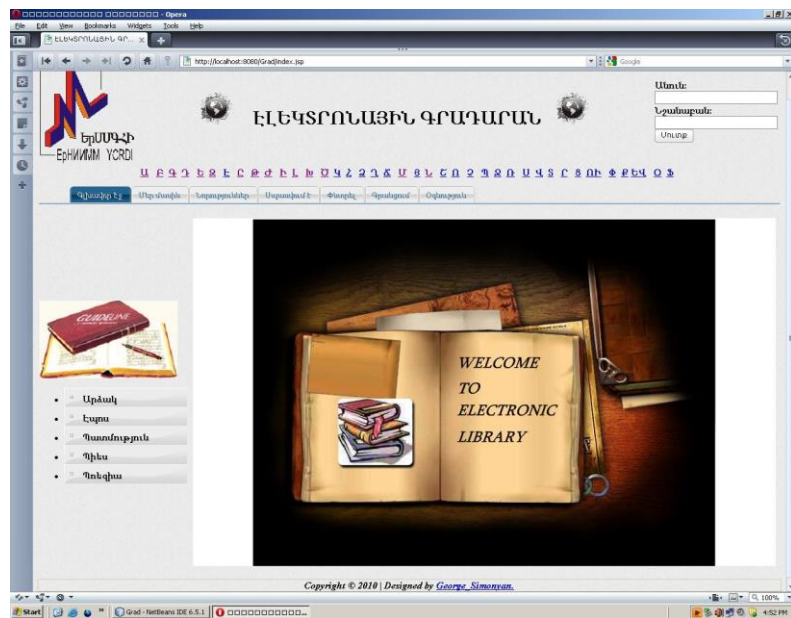
Մշակված և փորձարկված են գրքերի վերաբերյալ Winisis և Aleph համակարգերով գրանցված տեղեկատվությունը “ԷԼԳՐԱԴ-1” համակարգ տեղափոխելու և բազմաթիվ գործառնություններ իրագործելու ծրագրերը [5,6]:

Համակարգի բոլոր գործառնությունները, ինչպես նաև հաղորդակցության ինտերֆեյսը իրագործված են UNICODE -ով:

Դիտարկենք համակարգի երկու հիմնական բաղադրիչների ֆունկցիաները:

1. Էլեկտրոնային ձևաչափով ներկայացված գրականության ընթերցման ենթահամակարգը: Ենթահամակարգի դեկլարացիոն էջը (նկ. 1) բաղկացած է չորս հիմնական տիրույթներից.

- հեղինակների ազգանունների ընտրման համար նախատեսված հայերեն այբուբենի տիրույթ,
- ըստ թեմատիկայի գրականության ընտրման տիրույթ,
- ենթահամակարգի մենյունների տիրույթ,
- ընթերցողի տվյալների մուտքի տիրույթ:



Նկ. 1

1.1. Հեղինակների ազգանունների ընտրման համար նախատեսված հայերեն այբուբենի տիրույթը հնարավորություն է տալիս ազգանվան առաջին տառով ընտրել փնտրվող հեղինակին, գտնել (քլիկով) տվյալ հեղինակի ստեղծագործությունների ցանկը, այնուհետև ընտրել փնտրվող ստեղծագործությունը՝ ընթերցելու համար:

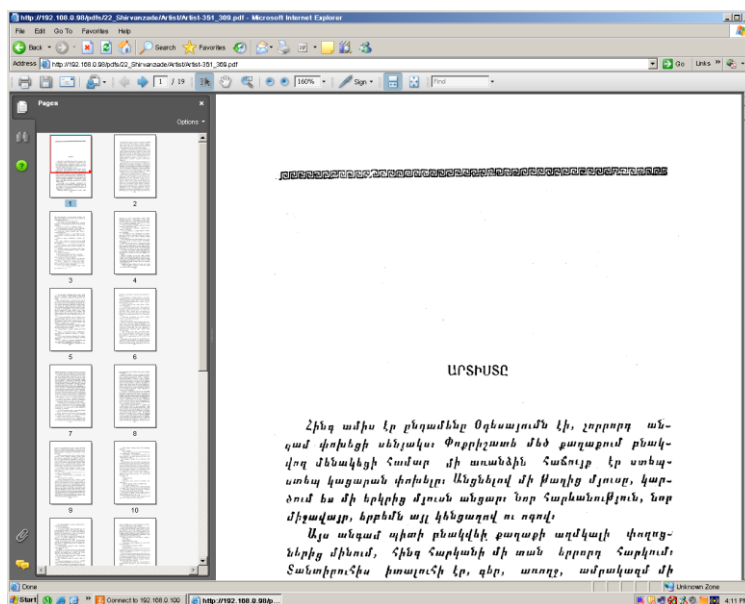
1.2. Հստ թեմատիկայի գրականության ընտրման տիրույթը հնարավորություն է տալիս ստեղծագործություններն ընտրել ըստ թեմատիկայի:

1.3. Ենթահամակարգի մենյուի ղեկավարող բառերը հետևյալներն են՝ “Գլխավոր էջ”. ընտրվում է գլխավոր էջը, “Մեր մասին”. հղում էր ՄՄԳՀԻ-ի կայք-էջին, “Մպասվում է”. տեղեկատվություն էլեկտրոնային գրադարանի ենթահամակարգերում կատարվող նոր հավելումների վերաբերյալ, “Փնտրել”. հեղինակի որոնում՝ ըստ ազգանվան, և ստեղծագործության որոնում՝ ըստ վերնագրի, “Գրանցում”. Նախատեսված է հնարավորություն՝ գրանցվելու համակարգում (պատասխանելով տրված հարցերին) և ստանալու նշանաբառ, “Օգնություն”. օգնություն էլեկտրոնային գրադարանում աշխատելու համար (էլեկտրոնային գրադարանի աշխատակարգը):

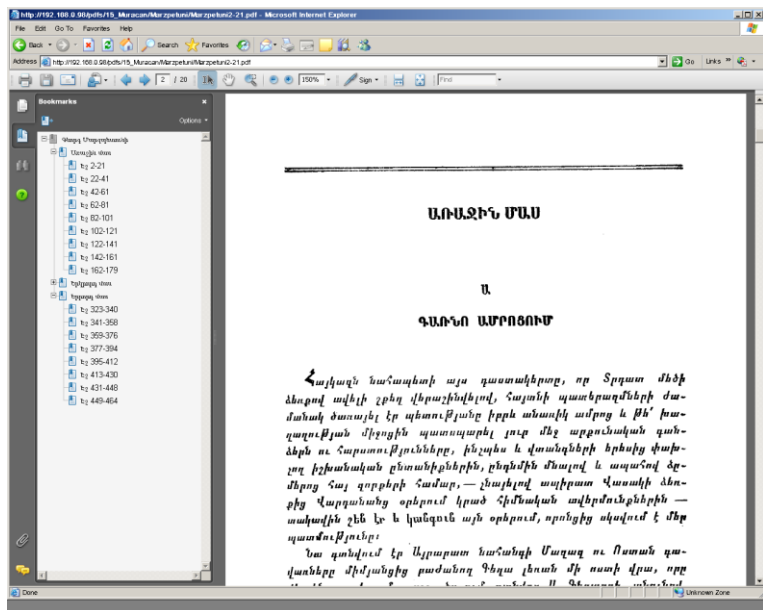
1.4. Ընթերցողի մուտքի տիրույթը հնարավորություն է տալիս՝ նույնացվելու համակարգում՝ նշելով անունն ու նշանաբանը:

1.5. Էլեկտրոնային գրքի ընթերցումը: Ենթահամակարգն ապահովում է էլեկտրոնային գրքի ընթերցման մի քանի հնարավորություն՝

- պատկերների տեսքով գիրքը կարդալ ըստ էջերի հաջորդականության,
- ընտրել անհրաժեշտ էջի համարը և կարդալ գիրքը ընտրված էջից (նկ.2),
- եթե գիրքը տրոհված է մասերի, գլուխների կամ վերնագրերի, ապա կարելի է էկրանի ձախ կողմում երևացող ուղեցույցից ընտրել համապատասխան մասը, գլուխը կամ վերնագիրը (անվերնագիր բանաստեղծությունների դեպքում՝ առաջին տողը) և կարդալ գիրքը ընտրված մասից (նկ.3),
- գիրքը նախապես թերթել՝ դիտարկելու և կարդալու համար (նկ.4):



Նկ. 2



Նկ. 3



Նկ. 4

1.6. Էլեկտրոնային գրքերի ընթերցման ենթահամակարգի աշխատանքային ռեժիմները:

Ենթահամակարգը աշխատանքի ընթացքում օգտագործում է ցանցի http արձանագրությունը: Ծրագիրը գրված է Java լեզվով, և իրագործված են ՎԵԲ հավելվածներ (web applications):

Տվյալների հենքն իրականացված է SQL Server- ով:

Համակարգի մշակման այսպիսի լուծումը հնարավորություն է տալիս “ԷԼԳՐԱԴ-1”-ը օգտագործել ինչպես տեղային և ընդհանուր ցանցերում, այնպես էլ Ինտերնետ համացանցում:

Տվյալների հենքում կարելի է գրանցել հաճախ օգտագործվող գրական ստեղծագործությունների ինտերնետային հասցեները՝ հետագա արագ հասանելիության ապահովման համար:

Ինտերնետով աշխատելիս ենթահամակարգն ապահովում է որոնողական գործառնությունների իրագործում ինչպես համակարգի ներսում, այնպես էլ համացանցի որոնողական կայքերում [7] (Yahoo, Google և այլն):

2. Գրադարանների գործառնությունների էլեկտրոնային վարման ենթահամակարգ:

Ենթահամակարգն ունի աշխատանքի որոշակի ռեժիմներ, որոնք ղեկավարվում են հետևյալ բառերով՝

2.1. *Ք Մ Ր Տ Մ Դ Մ Ր Մ Ն*

2.2. *ՀԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ՑԱՆԿԻ ԸՆԴՀԱՅՆՈՒՄ*

2.3. *ԱԲՈՆԵՄԵՆՏ/ՏԱՅՔ/*

2.4. *Գ Ր Մ Դ Մ Ր Մ Ն / ԳՐՔԵՐԻ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ԴԻՏՈՒՄ/*

2.5. *ՏԵՂԵԿԱՏՈՒՆԵՐԻ ՃՇՏՈՒՄ*

2.6. *ՀԻՇԵՑՈՒՄ*

2.1. “Ք Մ Ր Տ Մ Դ Մ Ր Մ Ն” բաժնում իրականացվում են գրադարանի գրքերի գրանցում, հաշվառում և տեղեկատվության փոփոխում:

Տվյալների հենքում գրանցվում է գրքի վերաբերյալ համապարփակ տեղեկատվություն (հեղինակը, հրատարակչությունը, թեմատիկան, էջերը, համահեղինակները, լեզուն և այլն), ինչպես նաև գրքի էլեկտրոնային տարբերակի հասցեն, եթե այդպիսին կա (նկ. 5):

2.2. “ՀԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ՑԱՆԿԻ ԸՆԴՀԱՅՆՈՒՄ” գործառնությամբ հնարավորություն է տալիս կատարելու հեղինակների վերաբերյալ տեղեկության գրանցում, դիտարկում, նորոգում և հեռացում (նկ. 6):

2.3. “ԱԲՈՆԵՄԵՆՏ” գործառնությունն ապահովում է ընթերցողի և գրադարանավարի էլեկտրոնային գործառնությունների իրագործումը (գրքի տրամադրում, վերադարձ, զբաղվածություն, հիշեցում և այլն): Ենթահամակարգի տեղեկատվական հենքի օգտագործումը հնարավորություն է տալիս ստանալու մի շարք հաշվետվություններ գրքի շարժի վերաբերյալ նշված ժամանակահատվածում (տվյալ ընթերցողի վերցրած գրքերի ցանկը, գրքի զբաղվածությունը և այլն) (նկ. 7):

2.4. “ԳՐՔԵՐԻ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ԴԻՏՈՒՄ” գործառնությամբ միջոցով կարելի է ստանալ տեղեկություն գրադարանում հաշվառված բոլոր գրքերի վերաբերյալ, արտածել պահանջված հեղինակի՝ գրադարանում առկա բոլոր գրքերի ցանկը:

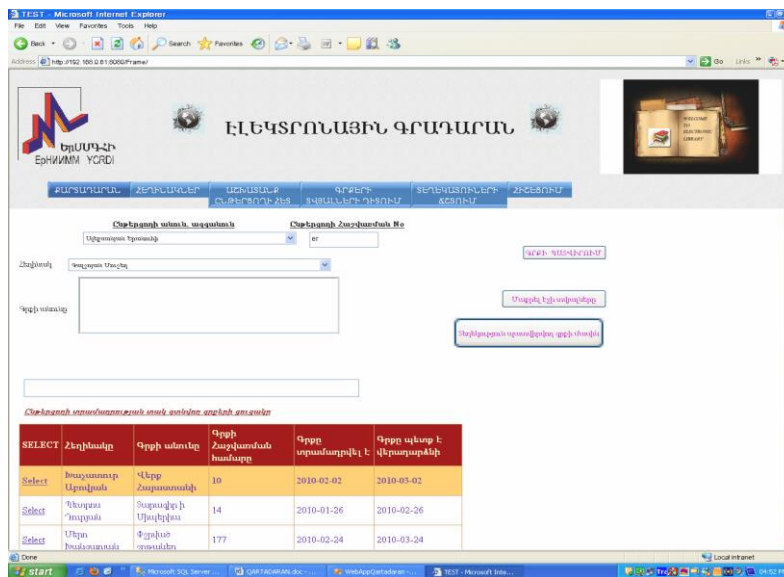
Որոշում կարելի է կատարել նաև ըստ թեմատիկայի (նկ. 8):

Էկրանին արտածված ցուցակից որևէ գրքի ընտրության դեպքում կարող ենք ստանալ տվյալ գրքի վերաբերյալ ավելի մանրամասն տեղեկություն (նկ.9):

Select	Nոդ	Անուն, Ազգանուն, Հայրանուն, Մանդյան տարեթիվ
Select	1	Գալստյան Մաշեղ
Select	2	Ջել Լուսինյան
Select	3	Վիրաթ Մարգարյան
Select	4	Էրևեստ Շովիկյան
Select	5	Համբար
Select	6	Ռաֆայել Դանիելյան
Select	7	Նիքոն Շարճալի
Select	8	Գալստյան Մանդյան
Select	9	Խաչատուր Արթուրյան

Նկ. 5

Նկ. 6



Նկ. 7

2.5. "ՏԵՂԵԿԱՏՈՒՆԵՐԻ ԴՇՏՈՒՄ" բաժնում լրացվում և նորոգվում են այն աշխատանքային աղյուսակները, որոնք օգտագործում է գրադարանավարն իր գործառնությունների իրականացման ընթացքում (օրինակ, գրքի վիճակը՝ "գրադաված", "կազմարանում", "ազատ", "թեմատիկական" և այլն):

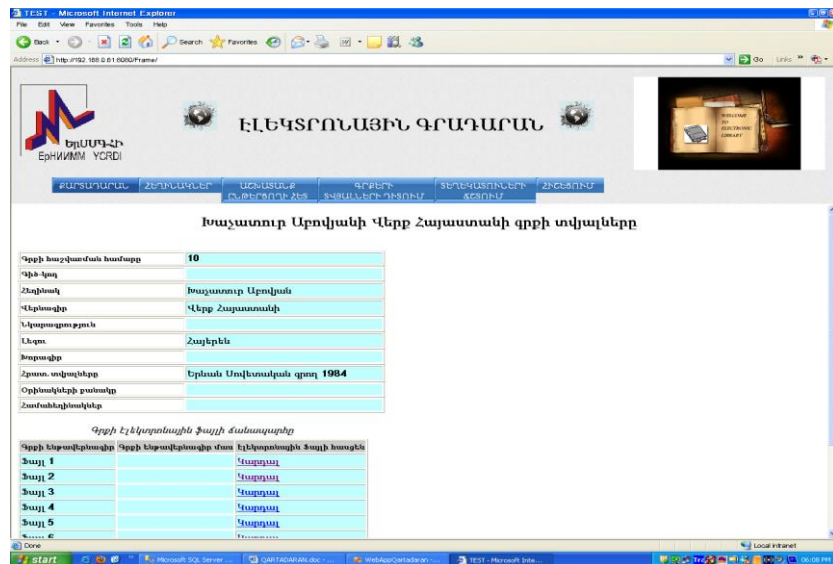


Նկ. 8

2.6. "ՀԻՇԵՑՈՒՄ" բաժնում գրքերի վերադարձի ուշացումից խուսափելու նպատակով այդ գործառույթի կիրառմամբ ստացվում է համապատասխան ընթերցողներին հիշեցում կատարելու աղյուսակը:

2.7. Համակարգը հնարավորություն է տալիս "ԷԼԳՐԱԴ_1"- ը օգտագործել ինչպես տպագիր պահվող, այնպես էլ էլեկտրոնային գրքերի դեպքում:

Տվյալների հենքում կարելի է գրանցել հաճախ օգտագործվող գրական ստեղծագործությունների ինտերնետային հասցեները՝ հետագա արագ հասանելիություն ապահովելու համար:



Նկ.9

3. Համակարգին անհրաժեշտ տեխնիկական միջոցները և ծրագրային միջավայրը:

3.1. Ծրագրերը գրված են Visual Basic .NET լեզվով, և իրագործված են ՎԵԲ հավելվածներ (web applications): Գրադարանավարի կողմից լրացվող տվյալների հենքն իրականացված է SQL Server- ով:

3.2. “ԷԼԳՐԱԴ_1” համակարգին անհրաժեշտ նվազագույն տեխնիկական միջոցներն են՝

Pentium 4, 1GB RAM, HDD 250GB, Fax modem, Lan 10/100 / (կամ համարժեք), Monitor LG 17".

Ցանցային ռեժիմի դեպքում անհրաժեշտ է՝

կոմուտատոր (DLINK Switch. պորտերի թիվը կախված է համակարգիչների թվից),

սերվերին հատկացվող Real IP հասցե:

Հետազոտության արդյունքները: Ներկայումս “ԷԼԳՐԱԴ-1” համակարգը տեղադրված է Երևանի Ավ. Իսահակյանի անվան գրադարանում, և կատարվում է համակարգի միջոցով գրադարանային գործառնությունների իրականացում:

“ԷԼԳՐԱԴ-1”- համակարգը բարեփոխված է Ավ. Իսահակյանի անվ. գրադարանի կողմից առաջարկված մի շարք, կոնկրետ գրադարանին վերաբերող գործառնություններով:

Գրադարանի աշխատանքների իրագործումն ապահովող գործառնությունների համախումբը, դրանց գործարկման արագությունը, համակարգից ստացվող հաշվետվությունների ամբողջականությունը և արխիվների պահպանման ալգորիթմները փորձարկվել են, և ստացվել են դրական արդյունքներ:

“ԷԼԳՐԱԴ_1” համակարգը պաշտպանված է հեղինակային իրավունքով և ունի համապատասխան վկայական [8]:

Եզրակացություն: Մշակման և ներդրման արդյունքներից կարելի է եզրակացնել, որ համակարգը ճիշտ և ամբողջությամբ է արտացոլում գրադարանի էլեկտրոնային իրագործման գործառնությունները, ապահովում է այսօր գոյություն ունեցող միջոցների հետ ծրագրային համատեղելիությունը: Այն կարելի է օգտագործել ցանկացած մասշտաբի /դպրոցական, մարզային և քաղաքային/ գրադարաններում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Земсков А. И.** Будущее электронных библиотек [Текст] // Научные и технические библиотеки. - 2009. - № 4. - С. 26-35.
2. <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2004/part1/>
3. http://www.old.biblioclub.ru/info/razrabotka_ielektronnbih_bibliotek.html
4. **William Y. Arms** Digital Libraries.- Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press, 2000. - 287 p.
5. <http://www.exlibrisgroup.com>
6. <http://www.cs.ox.ac.uk>
7. <http://support.cunylibraries.org>
8. Հեղինակային վկայական՝ No 08/1973, 11.10.2010թ. “ՀԱՅՀԵՂԻՆԱԿ” հեղինակային իրավունքների պաշտպանության հ/կ:

Երևանի մաթեմատիկական մեքենաների գիտահետազոտական ինստիտուտ (ԵրՄՄԳՀԻ ՓԲԸ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 14.09.2013:

Х.Г. ШАРОЯН, А.Г. ГАЛСТЯН, Р.П. ПЕТРОСЯН
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ “ЭЛГРАД_1” ДЛЯ
АВТОМАТИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ БИБЛИОТЕК

Разработаны и внедрены средства программного обеспечения системы “ЭЛГРАД_1”, предназначенные для автоматизации основных функций библиотек. Решены проблемы доступа к оцифрованной литературе, расширенного поиска книг по интернету и автоматизации функции абонемента. Обеспечена программная совместимость с действующими системами АЛЕФ, ВИНИСИС и т.д.

Ключевые слова: автор, тематика, читатель, абонемент, библиография, поиск, книга-напоминание, электронные книги.

KH.G. SHAROYAN, A.G. GALSTYAN, R.P. PETROSYAN
DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE "ELGRAD_1" SYSTEM FOR
AUTOMATING THE LIBRARY FUNCTIONS

Software tools for the "ELGRAD_1" system are developed and implemented aimed at automating the main functions of libraries. The problems of access to digital literature, an expanded search for books in the Internet and automation of the subscription function are solved. The software compatibility with the current systems ALEPH, VINISIS, etc is ensured.

Keywords: author, subject, reader, subscription, bibliography, search list, memo - book, e-books.

O.H. PETROSYAN, V.P. GRIGORYANTS, G.A. KARAPETYAN, A.R. GRIGORYAN

DEVELOPING AND INVESTIGATING A METHOD FOR DIGITAL FORMAL NEURON DESIGN

A method for digital formal neurons synthesis is developed and implemented by means of C++ programming language. The method developed, compared with the simplex method of formal neurons synthesis, is characterized by low complexity. A digital formal neuron analysis is performed. An optimality criterion is proposed, which makes it possible to give some evaluation of the synthesized formal neuron.

Keywords: digital formal neuron, neural network, software of automatic synthesis, simulation.

Introduction. An artificial neural network (ANN) is a system that is based on operations of biological neural networks, and hence can be defined as an emulation of biological neural systems. ANN's are at the forefront of computational systems designed to produce, or at least mimic, intelligent behavior [1,2]. ANN consists of millions of formal neurons connected to each other, the model of the biological neuron. We will investigate a formal neuron with "sign" activation function [3-5]. The first model of DFN was proposed by McCulloch and Pitts. This model implements the function of threshold logic units (TLU) [6].

$$y = \text{sign}\left(\sum_{i=1}^n \omega_i x_i - \Theta\right). \quad (1)$$

But, it is known that with one TLU, it is impossible to implement all Boolean functions, because of linear inseparability [3-5,7,8]. Then DFN was developed and input interactions were added, which helps DFN to implement all Boolean functions [4,5]. In a general case DFN has a view shown in Fig. 1.

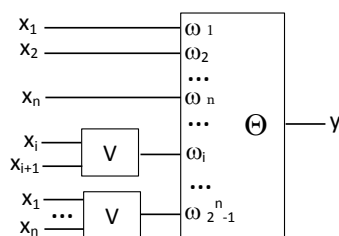


Fig. 1. Graphical view of DFN

where, instead of block "V" it could be any of Boolean functions. For some certainty we will discuss DFN with "AND" input interaction and the results will be generalized for the remaining input interactions.

A method for the DFN design. In the known methods of DFN synthesis a lot of parameters are required [4,5]. For example a DFN specified by Venn's threshold diagram requires sums of weights for all possible input combinations. It means that DFN with n inputs will require 2^n parameters. It may cause some technical difficulties. Another question also arises, how should weights and threshold be calculated to implement the necessary Boolean function.

In this work, for developing a method of DFN synthesis, the following has been taken into account. From a technical point of view, it is more important and easier to give the amount of DFN inputs and the function which should implement the synthesized DFN.

To synthesize a DFN it is necessary to construct a system of inequalities for all possible combinations of inputs, and solve it according to the given Boolean function. In Table 1, all inequalities for each input combination are shown, and the inequality which is responsible for the appropriate digit y_i of the given function y .

Table 1

N^0	x_n	...	x_2	x_1	$\text{sign}(\omega, x)$	y
1	0	...	0	0	$0 \geq \Theta$	y_0
2	0	...	0	1	$\omega_1 \geq \Theta$	y_1
3	0	...	1	0	$\omega_2 \geq \Theta$	y_2
4	0	...	1	1	$\omega_1 + \omega_2 \geq \Theta$	y_3
...	...	...	...	...	...	...
2^n	1	1	1	1	$\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_{2^n-1} \geq \Theta$	y_{2^n-1}

If the appropriate digit y_i of the given function y is equal to 0, the inequality is false, and vice versa if the appropriate digit y_i of the given function y is equal to 1, the inequality is true. For example if $y_3=0$, $\omega_1 + \omega_2 < \Theta$, and if $y_3=1$, $\omega_1 + \omega_2 \geq \Theta$.

Now let's understand the principle of the developed method of DFN synthesis. For simplicity, let's observe DFN with 3 inputs and construct a characteristic inequality system (2).

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \geq \Theta, \\ \omega_1 \geq \Theta, \\ \omega_2 \geq \Theta, \\ \omega_1 + \omega_2 + \omega_4 \geq \Theta, \\ \omega_3 \geq \Theta, \\ \omega_1 + \omega_3 + \omega_5 \geq \Theta, \\ \omega_2 + \omega_3 + \omega_6 \geq \Theta, \\ \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 + \omega_5 + \omega_6 + \omega_7 \geq \Theta. \end{array} \right. \quad (2)$$

Let the given function be "01100000". Each "0" or "1" digit is the function output for an appropriate line of the system (2). The first "0" digit shows, that the first inequality is false. It is possible only for positive thresholds. For optimality the software will set the threshold to be equal to possible minimal discrete positive value,

i.e. $\Theta=1$. The first “1” digit shows that the second inequality is true. It is possible only for the weights equal to or greater than 1. For optimality, the software will set the weight more than the threshold by the possible discrete value, i.e. $\omega_1=1$. Continuing in such a way, we can calculate all weights and thresholds for the given function. This method is applicable for any amount of inputs and for implementing any Boolean function by the synthesized DFN.

The algorithm described above is implemented by C++ programming language and is given below.

```

1.  int neuron::solve_neuron(unsigned long a_function)
2.  {
3.      if(a_function>functions)
4.      {
5.          cout<<"Wrong function\n";
6.          return 1;
7.      }
8.      //solving code here
9.      theta=0;
10.     for(int i=0;i<n_synapses;i++)
11.         omega_vector[i]=0;
12.     bitset<512> f(a_function);
13.
14.     if(f[0]==0)
15.         theta=1;
16.     int temp=0;
17.     for(int i=1;i<=n_synapses;++i)
18.     {
19.         for(int j=0;j<n_synapses;j++)
20.             //find last 1(unknown)
21.             if(omega[i][j]==1)
22.                 temp=j;//temp will remember the last 1 which is unknown always
23.     //now we will count the sum of omegas befor this unknown
24.     int sum=0;
25.     for(int e=0;e<temp;e++)
26.         sum+=omega[i][e]*omega_vector[e];
27.     //now we have omega(temp)>=theta-sum, so we will do omega(temp)=theta-sum for F=1
28.     //and omega=theta-sum-1 for F=0(so condition will not met and f will be 0)
29.     if(f[i]==1)
30.         omega_vector[temp]=theta-sum;
31.     else
32.         omega_vector[temp]=theta-sum-1;
33.     }
34.     return 0;
35. }
```

As you can see from line 17, the algorithm solves the system by one cycle which repeats $(n_synapses+1)$ times, where $n_synapses$ is the amount of synapses (weights). Let $n=n_synapses+1$, where n is the amount of variables, then the complexity of the algorithm will be $O(n)$. Comparing the developed method with DFN synthesis by the simplex method [4,5,9], the complexity of which in the average case is $O(n^3)$, and in the worst case is $O(n^2 2^n)$ [10], we gain a lot of time. For visual comparison in Fig. 2, you can find the complexity difference graphics between the developed algorithm and the simplex one in the logarithmic scale.

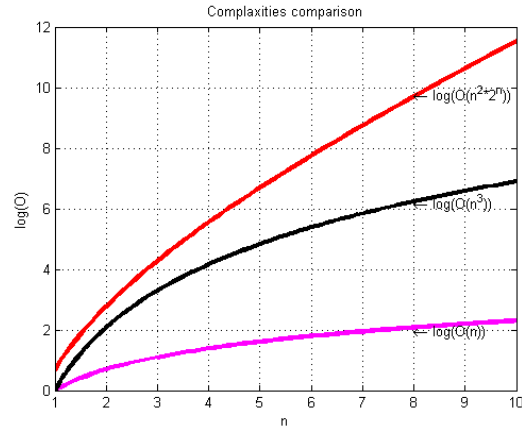


Fig. 2. Complexity comparison between the developed algorithm and the simplex. $\log(O(n^2 2^n))$ – the worst case of the simplex method, $\log(O(n^3))$ – the average case of the simplex method, $\log(O(n))$ – the developed method

Optimality criterion. First of all, we are interested in DFN implementation in hardware. Thus, from a technical point of view, it is important to have as minimal deviation as possible of the DFN parameters. Besides, to evaluate the efficiency of the developed algorithm, the following optimality criterion is proposed:

$$R = \frac{\max \omega_i - \min \omega_j}{2^n},$$

where $1 \leq i, j \leq 2^n - 1$, $\max \omega_i$, $\min \omega_j$ are correspondingly the maximum and minimum weights for all possible Boolean functions. It is obvious that the more R is near to 1, the lower is the deviation of DFN parameters, because DFN with discrete valued weights should have maximum changing range of weights to be equal to not lower than 2^n to make possible to implement all Boolean functions. So if $R < 1$, there is at least one function that cannot be implemented by the synthesized DFN. If $R > 1$, we have a lack of deviation, and it can be reduced to be equal to 1. So, summarizing, to be sure that we have calculated the weights and the threshold of DFN optimally, it is necessary and sufficient to have $R=1$. Now let's prove that the developed algorithm

ensures the optimal criterion to be equal to 1. If the first digit of the given function $y_0=0$, as it has already been mentioned, the software will set Θ to be equal to 1 (See Table 1). In the other case if $y_0=1$, the software will set Θ to be equal to 0. Thus, we can write the following $\Theta = \overline{y_0}$. In the same way, we can write for the remaining lines of Table 1: $\omega_1 = \overline{y_0} - \overline{y_1}$, $\omega_2 = \overline{y_0} - \overline{y_2}$, $\omega_3 = -\overline{y_0} + \overline{y_1} + \overline{y_2} - \overline{y_3}$, etc. So after the calculations, we will have Table 2.

Table 2

N^n	x_n	...	x_2	x_1	$\text{sign}(\omega, x)$	y	DFN parameters calculation
1	0	...	0	0	$0 \geq \Theta$	y_0	$\Theta = \overline{y_0}$
2	0	...	0	1	$\omega_1 \geq \Theta$	y_1	$\omega_1 = \overline{y_0} - \overline{y_1}$
3	0	...	1	0	$\omega_2 \geq \Theta$	y_2	$\omega_2 = \overline{y_0} - \overline{y_2}$
4	0	...	1	1	$\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 \geq \Theta$	y_3	$\omega_3 = -\overline{y_0} + \overline{y_1} + \overline{y_2} - \overline{y_3}$
...	...	...	...	...	...	...	...
2^n	1	1	1	1	$\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_{2^n-1} \geq \Theta$	y_{2^n-1}	$\omega_{2^n-1} = \Theta - \sum_{i=1}^{2^n-2} \omega_i - \overline{y_{2^n-1}}$

Here, by adding and subtracting, we should understand the arithmetical operation and not the logical. It is obvious that the weight which has maximal members is ω_{2^n-1} .

$$\omega_{2^n-1} = \Theta - \sum_{i=1}^{2^n-2} \omega_i - \overline{y_{2^n-1}}. \quad (3)$$

Thus, it will specify the maximum and minimum values among all weights for all Boolean functions. Let's discuss the last weight ω_{2^n-1} of DFN with 2, 3, 4, ..., n inputs.

$$n = 2, \omega_3 = -\overline{y_0} + \overline{y_1} + \overline{y_2} - \overline{y_3}, \quad (4)$$

$$n = 3, \omega_7 = \overline{y_0} - \overline{y_1} - \overline{y_2} - \overline{y_3} + \overline{y_4} + \overline{y_5} + \overline{y_6} - \overline{y_7},$$

$$n = 4, \omega_{15} = -\overline{y_0} + \overline{y_1} + \overline{y_2} + \overline{y_3} + \overline{y_4} - \overline{y_5} - \overline{y_6} - \overline{y_7} - \overline{y_8} - \overline{y_9} - \overline{y_{10}} + \overline{y_{11}} + \overline{y_{12}} + \overline{y_{13}} + \overline{y_{14}} - \overline{y_{15}}.$$

Continuing in the same way, we can write the following:

$$\omega_{2^n-1} = (-1)^{n+1} \left(\overline{y_0} + \sum_i \overline{y_i} \right) + (-1)^n \sum_j \overline{y_j} - \overline{y_{2^n-1}}.$$

Let the total amount of members for the first sum $(\sum_i \overline{y_i})$ is A_1 , and for the second one $(\sum_j \overline{y_j})$ be A_2 , in this case we can write the following:

$$A_1 = C_n^1 + C_n^3 + \dots + C_n^{2k-1},$$

$$A_2 = C_n^2 + C_n^4 + \dots + C_n^{2k},$$

where $k=1,2,3,\dots$. So, taking into account the known equation $2^n = \sum_{i=0}^n C_n^i$, we can write the following:

if n is even: $A_1 = 2^{n-1} - 2, A_2 = 2^{n-1}$,

if n is odd: $A_1 = A_2 = 2^{n-1} - 1$.

Now let's calculate $\max(\omega_{2^n-1})$ and $\min(\omega_{2^n-1})$. For this purpose, let's discuss 2 cases:

1. When n is even: $\max(\omega_{2^n-1})$ will be determined if $\bar{y}_0 + \sum_i \bar{y}_i = 0, \bar{y}_{2^n-1} = 0$ ($y_i \in \{0,1\}, 0 \leq i \leq 2^n - 1$), as they are negative components and if each member of $\sum_j \bar{y}_j$ is equal to 1: Thus for $\max(\omega_{2^n-1})$ we will have:

$$\max(\omega_{2^n-1}) = A_2 = 2^{n-1}$$

In the same way, $\min(\omega_{2^n-1})$ will be determined if $\sum_j \bar{y}_j = 0, \bar{y}_0 = 1, \bar{y}_{2^n-1} = 1$ and if each member of $\sum_i \bar{y}_i$ is equal to 1:

$$\min(\omega_{2^n-1}) = -(A_1 + 2) = -2^{n-1}$$

$$R = \frac{\max \omega_{2^n-1} - \min \omega_{2^n-1}}{2^n} = \frac{2^{n-1} - (-2^{n-1})}{2^n} = 1.$$

2. When n is odd: $\max(\omega_{2^n-1})$ will be determined if $\sum_j \bar{y}_j = 0, \bar{y}_{2^n-1} = 0, \bar{y}_0 = 1$ and if each member of $\sum_i \bar{y}_i$ is equal to 1. Thus we will have

$$\max(\omega_{2^n-1}) = A_1 + 1 = 2^{n-1},$$

$\min(\omega_{2^n-1})$ will be determined if $\bar{y}_0 + \sum_i \bar{y}_i = 0, \bar{y}_{2^n-1} = 1$ and if each member of $\sum_j \bar{y}_j$ is equal to 1. Thus we will have:

$$\min(\omega_{2^n-1}) = -A_2 - 1 = -2^{n-1}$$

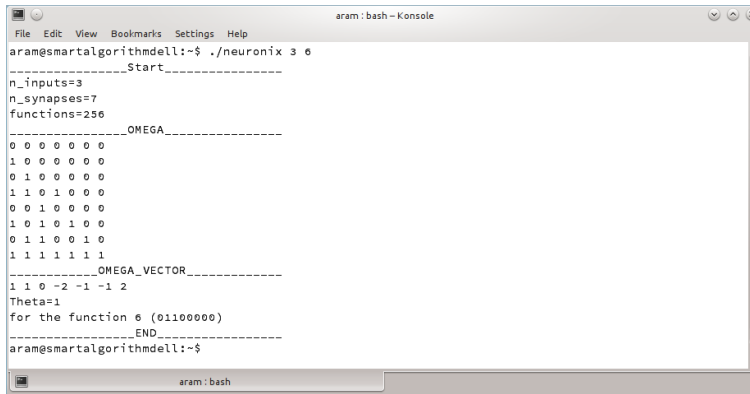
$$R = \frac{\max \omega_{2^n-1} - \min \omega_{2^n-1}}{2^n} = \frac{2^{n-1} - (-2^{n-1})}{2^n} = 1.$$

As you can see, the developed algorithm allows to calculate the weights and the threshold of the DFN optimally.

It is also possible to ensure the efficiency of the developed algorithm by the following considerations. Let's discuss DFN with 2 inputs $n=2$. As you can see from equation (4), the range of ω_3 is $\omega_3 \in [-2:2]$, thus $R=(2-(-2))/4=1$. It can be shown that DFN with 3 and more inputs can be constructed with multiple DFNs with 2 inputs. But as weights and thresholds of each DFN with 2 inputs are calculated efficiently, we will get efficient weights and thresholds for the whole system. Therefore, by making a reverse operation of coming back from mutually connected multiple DFNs to the DFN with 3 and more inputs; we will get optimally calculated weights and thresholds for the DFN with 3 and more inputs.

Experimental results. In Fig. 3 the results of the developed software for the DFN with 3 inputs are shown which implement 6 (01100000) function. As you can see, the synthesized DFN has the following parameters:

Number of inputs: 3;
 The total amount of weights (synapses): 7;
 The total amount of all possible Boolean functions which can be implemented by the DFN with 3 inputs: 256;
 Weights: {1; 1; 0; -2; -1; -1; 2}
 Threshold: $\Theta=1$
 Implementing function: 6 (01100000)



```

aram@smartalgorithm:~$ ./neuronix 3 6
-----Start-----
n_inputs=3
n_synapses=7
functions=256
-----OMEGA-----
0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 0 0
0 1 0 0 0 0
1 1 0 1 0 0
0 0 1 0 0 0
1 0 1 0 1 0
0 1 1 0 0 1
1 1 1 1 1 1
-----OMEGA_VECTOR-----
1 1 0 -2 -1 -1 2
Theta=1
for the function 6 (01100000)
-----END-----
aram@smartalgorithm:~$
  
```

Fig. 3. The example of synthesized DFN by the developed software

The developed software also has a peculiarity to generate the description file of the synthesized DFN by the Verilog-A modeling language. This Verilog-A description file can be used in further DFN simulations. Below, you can find the Verilog-A description file of the synthesized DFN.

```

/*****
Verilog-A file of a neuron
Created by Neuronix v 0.0.1
*****/

`include "constants.vams"
`include "disciplines.vams"
module va_neuron(Y_OUT,X_INPUT,W_WEIGHT,T_TRESHHOLD,vp,gd);
output Y_OUT; //Y_OUT is output
electrical Y_OUT;
input [2:0] X_INPUT; //X_INPUT is for inputs
electrical [2:0] X_INPUT;
input [6:0] W_WEIGHT; //W_WEIGHT is for weights of synapses
electrical [6:0] W_WEIGHT;
input T_TRESHHOLD; //T_TRESHHOLD is the treshhold of the neuron
electrical T_TRESHHOLD;
real sum=0; //initializing sum for weights
analog begin
  
```

```

sum=V(W_WEIGHT[0])*V(X_INPUT[0])
+V(W_WEIGHT[1])*V(X_INPUT[1])
+V(W_WEIGHT[2])*V(X_INPUT[2])
+V(W_WEIGHT[3])*V(X_INPUT[0]&&V(X_INPUT[1]))
+V(W_WEIGHT[4])*V(X_INPUT[0]&&V(X_INPUT[2]))
+V(W_WEIGHT[5])*V(X_INPUT[1]&&V(X_INPUT[2]))
+V(W_WEIGHT[6])*V(X_INPUT[0]&&V(X_INPUT[1])&&V(X_INPUT[2]));
if(sum>=V(T_TRESHHOLD) begin sum = V(vp); end //sign function check
else begin sum = V(gd); end
V(Y_OUT) <+ transition (sum); // making output to Y_OUT
end
endmodule

```

Where “Y_OUT” is the output pin, “X_INPUT” is the input pin, “W_WEIGHT” is the weights, “T_THRESHOLD” is the threshold of the synthesized DFN. “vp” is the power supply and “gd” is the ground. The variable “sum” calculates the weighed sum of the input, and if it is more than the threshold, Y_OUT=1, otherwise Y_OUT=0.

The synthesized Verilog-A description file was used in Synopsys HSPICE simulation, the timing diagrams of which are shown in Fig. 4. As you can see, the simulation was carried out for all input combinations and the synthesized DFN implements the given function 6 (01100000).

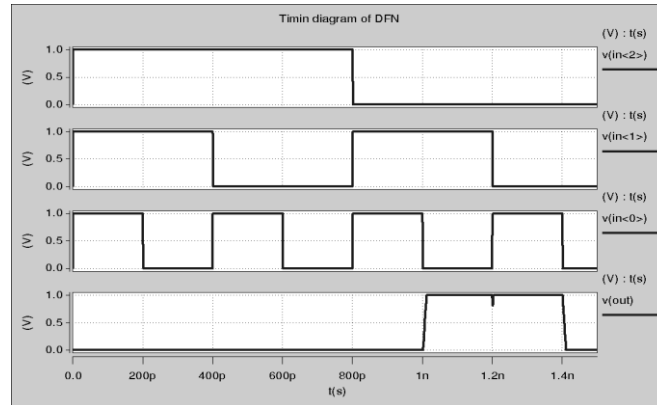


Fig. 4. Timing diagram of DFN with 3 inputs and which implements 01100000 function

Conclusion. The developed method, unlike the existing ones, has very low complexity. The developed method satisfies the optimality criterion, which has been proposed by the author, and which allows to calculate the weights and the threshold efficiently from the technical point of view. The developed method was implemented by the software written in C++ programming language. The developed software also generates Verilog-A description file of the synthesized DFN which can be used in HSPICE modeling software for further simulations. The workability of the developed software has been checked and verified by many tests, one of which is presented in this paper.

References

1. <http://www.dhtusa.com/media/NeuralNetworkIntro.pdf>
 2. From Neuron to Brain, Fifth edition / **G. John Nicholls, A. Robert Martin, Paul A. Fuchs, et al.** - November 7, 2011.-621p.
 3. **Haykin Simon.** Neural Networks. A Comprehensive Foundation. Second Edition.- Published by Pearson Education.- July 16, 1998.- 823 p.
 4. **Մկրտչյան Ս.Օ., Մկրտչյան Ա.Տ.** Основы цифровой нейронинформатики: Учебное пособие. – Ереван: Изд-во ГИУА “Чартарагет”, 2007. – 387 с.
 5. **Մկրտչյան Ս.Օ.** Проектирование логических устройств ЭВМ на нейронных элементах. – М.: Энергия, 1977. – 200 с.
 6. **Warren S. McCulloch and Walter Pitts.** A logical calculus of the ideas immanent nervous activity // Bulletin of Mathematical Biophysics.- 1943.- Vol. 5.- P.115-133.
 7. **Rojas R.** Neural Networks. - Springer-Verlag, Berlin, 1996.
 8. <http://www.ece.utep.edu/research/webfuzzy/docs/kk-thesis/kk-thesis-html/node19.html>
 9. **Scott R. J.** Construction of Neuron Model//Ire Trans on Bio-Med. Electronics. –1961.- Vol. 8, № 5.-P.198-202.
 10. <http://www.iip.ist.i.kyoto-u.ac.jp/member/cuturi/Teaching/ORF522/lec8v2.pdf>
- SEUA (POLYTECHNIC). The material is received 10.12.2013.

Օ.Հ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Վ.Պ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆՅ, Գ.Ա. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ա.Ռ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ ԹՎԱՅԻՆ ՖՈՐՄԱԼ ՆԵՅՐՈՆՆԵՐԻ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Մշակվել է թվային ֆորմալ նեյրոնների նախագծման մեթոդ, որն իրականացվել է C++ ծրագրավորման լեզվի միջոցով: Մշակված մեթոդը, ի տարբերություն ֆորմալ նեյրոնների սինթեզման սինապսի մեթոդի, բնութագրվում է նվազ բարդությամբ: Կատարվել է թվային ֆորմալ նեյրոնների վերլուծություն: Առաջարկվել է օպտիմալության չափանիշ, որով կարելի է գնահատել սինթեզված ֆորմալ նեյրոնները:

Առանցքային բառեր. թվային ֆորմալ նեյրոն, նեյրոնային ցանց, ավտոմատ նախագծման ծրագիր, սինուլյացում:

Օ.Ա. ПЕТРОСЯН, В.П. ГРИГОРЯНЦ, Г.А. КАРАПЕТЯН, А.Р. ГРИГОРЯН РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ФОРМАЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ

Разработан метод проектирования цифровых формальных нейронов, который реализован с помощью языка программирования C++. Разработанный метод, по сравнению с симплекс методом синтеза формальных нейронов, характеризуется малой сложностью. Проведен анализ цифровых формальных нейронов. Предложен критерий оптимальности, с помощью которого можно оценить синтезированные формальные нейроны.

Ключевые слова: цифровой формальный нейрон, нейронная сеть, программа автоматического проектирования, симуляция.

Р.А. СИМОНЯН, Д.Г. ЗАРГАРЯН, А.Г. ГУЛЯН, Г.А. ПИРУМЯН
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АГРОПРОДУКТОВ

Представлены существующие цифровые системы, выявляющие физические параметры (размер, цвет, пигменты и т.д.) агропродуктов. На основе программы LabView разработана система VisionBased. Система продуктивна с точки зрения скорости выполнения работы, точности, гибкого программного интерфейса и доступна для всех.

Ключевые слова: физический параметр агропродукта, конвейер, сортировка, система VisionBased, LabView.

Введение. За последние несколько десятилетий были разработаны различные электронные системы, с помощью которых определяют физические параметры, сохраняя целостность продукта. Исходя из принципов измерения, дается классификация следующих групп:

- системы, основанные на измерении объема разрыва между фруктом и наружной оболочкой оборудования;
- системы, измеряющие размер плода путем измерения расстояния между источником излучения и контуром агропродукта, причем расстояние вычисляется по времени пролета;
- системы, основанные на барьерном препятствии или блокаде света;
- двумерные (2-D) системы машинного зрения;
- трехмерные (3-D) системы машинного зрения.

Системы, основанные на измерении объема разрыва между фруктами и наружной оболочкой оборудования. Корпус, через который проходят плоды, является неотъемлемой частью всех систем в этой группе. Окружающая или наружная оболочка изготавливается по фиксированным размерам, в то время как размер плодов является переменной величиной. Хотя принципы измерения для каждой системы различны, все системы разделяют идею измерения объема разрыва между плодом и наружной оболочкой. Одной из таких систем является оптический кольцевой датчик, который разработал Галль (1997 г.) [1,2]. Эта система основана на блокировании света и состоит из круглой рамы, на которой поочередно располагается большое количество инфракрасных передатчиков и приемников (рис. 1). Когда внутреннее пространство кольца свободно, каждый приемник обнаруживает свет, который излучает передатчик, размещенный на противоположной стороне, и как только объект вводится в кольцо, появляется теневая зона. Передатчики включаются последовательно, и в окружности образуются аккорды. Для определения контура объекта используются два ближайших непрерывных или тангенциальных аккорда.

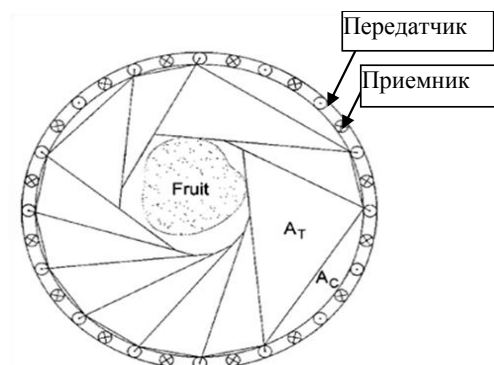


Рис. 1. Система оптического датчика кольца

Площадь поперечного сечения фрукта (рис. 1) вычисляется как

$$Af = \pi r^2 - \sum(A_T - A_C), \quad (1)$$

где Af - область сечения плода; r - радиус кольца; A_T - площадь треугольника; A_C - площадь сегмента круга.

Система оптического кольцевого датчика может быть использована для оценки объема фруктов на высокой скорости (до 2 м/с).

В 1997 г. Като предложил метод, согласно которому в наружном корпусе объем фрукта измерялся электрической емкостью, как у конденсатора, где стены корпуса являются токопроводящими обкладками, а диэлектрик - измерителем объема фрукта (рис. 2).



Рис. 2. Электрический метод измерения емкости

Внутри оболочки между электродами имеется проводящая резиновая присоска, на которую ставится арбуз. Объем арбуза измеряется, как у плодов, скорость прохождения через туннель 0,22 м/с, что соответствует производительности 0,4 *фрукт/с*. При использовании этого метода среднеквадратическая ошибка (RMSE) составила 26 мм, а среднеквадратическая процентная ошибка (RMSPE) - 0,4%. Оба результата довольно малы. Однако система имела недостаток: необходимо правильно расположить арбуз.

Системы, измеряющие размер плода путем измерения расстояния между источником излучения и контуром агропродукта. Лаинг и др. в 1995г. разработали аппарат (перевернутую треногу) для быстрой оценки размеров агропродуктов в полевых условиях. Аппарат состоит из трех металлических листов, формирующих перевернутую треногу (рис. 3).

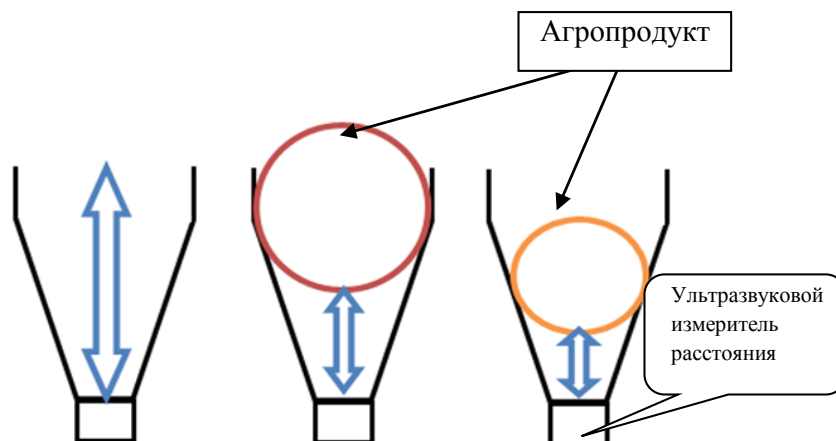


Рис. 3. Перевернутая тренога с ультразвуковым сенсором

Когда фрукт помещали в треногу, он скатывался, и уровень, в котором он застревал, зависел от размера плода. Большие фрукты застревали выше от ультразвукового датчика, а фрукты маленьких размеров скатывались низко, и, следовательно, расстояние между датчиком и фруктом было меньше. Авторы с помощью этого устройства измеряли лимоны. Были получены следующие результаты: RMSE – 1,1 мм, RMSPE – 2,0%, длительность измерения одного фрукта – 10 с.

Опτικο-электронные системы. Ивамото и Чума в 1981 году описали три оптоэлектронные системы на основе блокирования света. Первая из них (рис. 4) измеряет горизонтальную ширину фрукта по направлению перемещения, последняя состоит из нескольких передатчиков и приемника, помещенного в противоположную сторону конвейера.

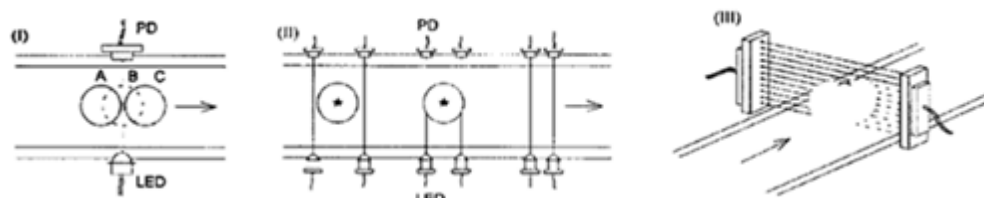


Рис. 4. Оптико-электронная система

Постановка задачи. Целью данной работы является создание такой системы, которая будет в состоянии решить вышеописанные задачи с минимальными затратами. За основу были взяты программная система LabVIEW и существующие алгоритмы в библиотеке.

Новизна работы состоит в том, что система VisionBased не требует дорогостоящих профессиональных камер, так как она берет и обрабатывает изображение, снятое даже 1,2 мегапиксельной компьютерной камерой, делает цифровую обработку, оценку, сортировку и запоминает результат на компьютере с большой скоростью (рис. 5).



Рис. 5. Система VisionBased

Фрукты на конвейерной ленте фиксируются камерой, делается цифровая обработка сигнала, снимаются контуры, измеряются физические параметры. Программа, имея заранее загруженные со стороны оператора сортировочные данные, сравнивает физические параметры данных фруктов с таблицей и делает соответствующую сортировку [3,5].

Ниже представлены метод и математический расчет обнаружения контура.

Метод обработки. На практике при обнаружении контура используется сглаживание рисунка (обычно фильтром Гауса). Методы обнаружения контура различаются используемыми фильтрами сглаживания и методами расчета четкости контура.

Обобщенным методом для поиска переходов является обработка изображения с помощью скользящего окна, которое представляет собой квадратную матрицу. Элементы матрицы принято называть коэффициентами. Применение данной матрицы в локальной местности называется пространственной фильтрацией. Схема последней приведена на рис. 6.

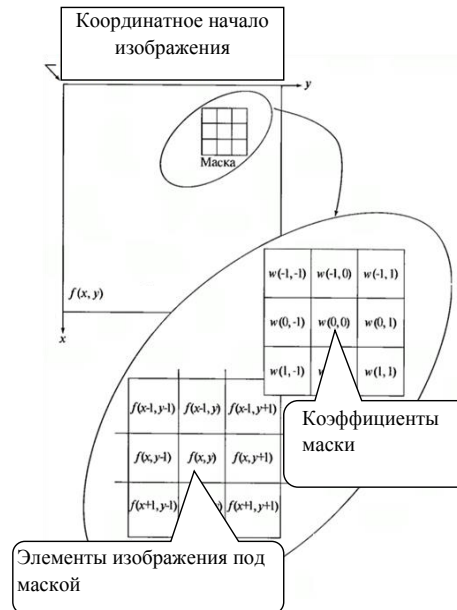


Рис. 6. Цифровая фильтрация

Процесс основан на передаче фильтра окна от одной точки изображения к другой. Для каждой точки (x, y) результат фильтрации рассчитывается с помощью заранее приведенных связей. При линейной пространственной фильтрации результат дается суммой произведений коэффициентов фильтра и соответствующих значений пикселей того сегмента, который закрыт фильтром.

При размерах окна 3×3 (см. рис. 6) в точке (x, y) результат линейной фильтрации R рассчитывается следующим образом:

$$R = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots + w(0, 0)f(x, y) + \dots + w(1, 0)f(x + 1, y) + w(1, 1)f(x + 1, y + 1). \quad (2)$$

При обнаружении падения яркости используются дискретные аналоги первой и второй степеней производной. Производная первой степени однородной $f(x)$ функции определяется разницей значений соседних элементов:

$$\frac{df}{dx} = f(x + 1) - f(x). \quad (3)$$

Производная второй степени определяется разницей соседних значений производной первой степени:

$$\frac{d^2f}{dx^2} = f(x + 1) + f(x - 1) - 2f(x). \quad (4)$$

Расчет производной первой степени цифрового изображения основан на разных дискретных приближениях двумерного градиента. В точке (x, y) градиент изображения $f(x, y)$ является вектором:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{df}{dx} \\ \frac{df}{dy} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

При обнаружении контура модуль этого вектора играет важную роль, его обозначают ∇f :

$$\nabla f = |\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}. \quad (6)$$

Величину ∇f часто называют градиентом. Важной характеристикой является также величина вектора градиента. Угол, сформированный вектором ∇f в точке (x, y) и осью x , обозначим $\alpha(x, y)$:

$$\alpha(x, y) = \arctg\left(\frac{G_y}{G_x}\right). \quad (7)$$

Из (6) можно легко вычислить направление границы, которая в данной точке вертикальна направлению градиента вектора. При этом градиент изображения рассчитывается путем определения величин частных производных df/dx и df/dy во всех точках.

Инструменты программной обработки (Vision Assistant) цифровых изображений в среде LabVIEW. В среде LabVIEW имеется несколько инструментов для обработки цифровых изображений. В частности, в LabVIEW имеется один отдельный раздел, который содержит все классические алгоритмы для обработки изображения, такие как фильтрация, распознавание и т.д. Был создан отдельный инструмент, который называется помощником. В нем собраны основные алгоритмы для обработки изображений. Этот инструмент называется Vision Assistant и представляет собой программный пакет разных алгоритмов обработки изображений (рис. 7).

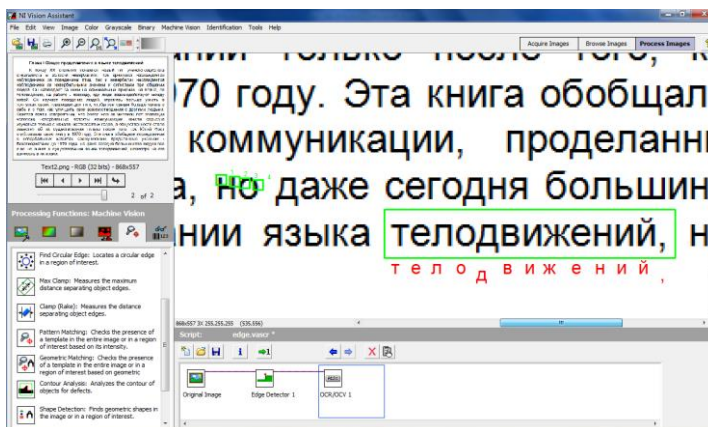


Рис. 7. Программа Vision Assistant

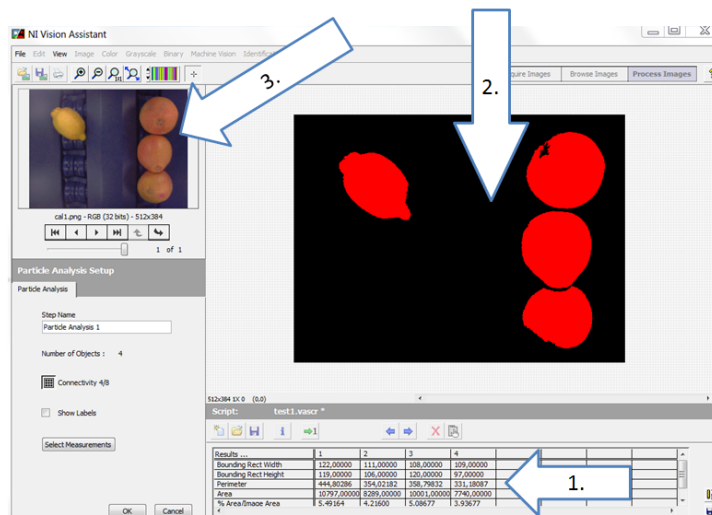


Рис. 8: 1 - таблица значений, 2 - окно цифровой обработки, 3 - образец изображения

Закключение. С помощью инструмента Vision Assistant, а также при фильтрации, цифровой обработке, обнаружении контура были получены результаты, приведенные на рис. 8. Из рисунка видно, что с помощью метода обнаружения контура агропродукта можно достичь высоких и четких результатов. На рисунке размеры фруктов (лимон, апельсин) приведены в пикселях, так как система не калибрована, и, несмотря на этот фактор, система безошибочно определяет цвет фрукта, наличие пигментов. Время измерения составляет 25 мс, а погрешность диаметра фрукта не превышает 0,1%. Ведутся опыты для ускорения процесса измерения, создания базы данных для фруктов с разными формами, так как данная система рассчитана только для относительно круглых форм фруктов, а также исследуется влияние интенсивности света на результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Yamakawa M., Khot L.R., Kondo N., Ehsani R.** Real-time nondestructive citrus fruit quality monitoring system: development and laboratory testing: 1. Division of Environmental Science and Technology / Kyoto University, Sakyo-ku. Kyoto, Japan; University of Florida, IFAS, Citrus Research and Education Center, Lake Alfred, Florida, 33850, USA).
2. Near-Infrared Spectroscopy for Classification of Iberian Pig Carcasses Using an Artificial Neural Network / **C. Hervas, A. Garrido, B. Lucena, N. Garcia, et al** // J. Near Infrared Spectrosc.- 1994.- 2.- P. 177-184.
3. **McGrath V.B., Blakeney A.B., Batten G.D.** Fructan to Nitrogen Ratio as an Indicator of nutrient Status in Wheat Crops // New Phytol. - 1997.- 136.- P. 145 - 152.
4. **Williams P.C.** Application of Near Infrared Reflectance Spectroscopy to Analysis of Cereal grains and Oilseeds // Cereal Chem.- 1975.- 52.- P. 561 – 576.

5. **Գասպարյան Հ.Թ.** Տեխնիկական համակարգերում LabVIEW–ի կիրառումը. - Երևան: Ճարտարագետ, 2011:

ИРФЭ НАН РА. Материал поступил в редакцию 20.11.2013.

Ռ.Ա. ՍԻՄՈՆՅԱՆ, Դ.Գ. ԶԱՐԳԱՐՅԱՆ, Ա.Գ. ԴՈՒԼՅԱՆ, Հ.Ա. ՓԻՐՈՒՄՅԱՆ

ԳՅՈՒՂՄԹԵՐՔՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Ներկայացված են գյուղատնտեսության մեջ կիրառվող գյուղմթերքների ֆիզիկական պարամետրերի չափման արդի թվային համակարգերը: Հիմք ընդունելով դրանց թերություններն ու առավելությունները՝ նախագծվել է համակարգ «LabView» ծրագրային հենքի վրա, որն ավելի արդյունավետ է իր չափման արագությամբ, ճշտությամբ, ծրագրային ճկունությամբ և հասանելիությամբ:

Առանցքային բաներ. գյուղմթերքների ֆիզիկական բնութագրեր, հոսքագիծ, թեստավորման համակարգ, VisionBased, LabView.

R.A. SIMONYAN, D.G. ZARGARYAN, A.G. GHULYAN, H.A. PIRUMYAN

DETERMINING THE PHYSICAL PARAMETERS OF AGRICULTURAL PRODUCTS

The existing digital systems revealing the physical parameters (size, color, pigments, etc) of agroproducts are introduced. The VisionBased system is developed based on LabView. It is shown that the given system is efficient from the standpoint of the operation speed, the accuracy, the flexible programming interface, and accessibility.

Keywords: physical parameter of an agroproduct, conveyor, sorting, the VisionBased system, LabView.

Հ.Ա. ԳՈՄՅՅԱՆ, Հ.Դ. ՀՈՒՍԻԿՅԱՆ

ՇԱՐԺԱԿԱՆ ԿԱՊԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԲԶՋԱՅԻՆ ՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ ԿԱՊՈՒԴԻՆԵՐԻ
ԹՎԻ և ԲԱԺԱՆՈՐՂՆԵՐԻ ՔԱՆԱԿԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

Մաթեմատիկական մոդելի միջոցով, բջջային կապի համակարգի բջջային տարածքների կապուղիների թվի և բաժանորդների քանակի պարամետրերից կախված, որոշվել են համակարգում բջջային տարածքների քանակը, լցման գործակիցը, բջջային տարածքի կապուղիների միջին թիվը և դիսպերսիան :

Առանցքային բառեր. շարժական կապ, բջջային տարածք, կապուղի, բաշխման խտություն, դիսպերսիա:

Շարժական կապի համակարգի (ՇԿՀ) բջջային տարածքների (ԲՏ) կարևորագույն պարամետրերն են բաժանորդների N_1 քանակը և ԲՏ-ի կապուղիների m_1 թիվը: ՇԿՀ-ի ԲՏ-ի կապուղիների թվի և բաժանորդների քանակի ճիշտ ընտրությունը կանխորոշում է ՇԿՀ-ի կառուցվածքի որակի այնպիսի ցուցանիշներ, ինչպիսիք են կառուցվածքային ԲՏ –երի միջին քանակը, ԲՏ-ում բաժանորդների միջին քանակը և բաժանորդների լցվածության գործակիցը: ՇԿՀ-ի ԲՏ-երի կապուղիների թվի և բաժանորդների քանակի պահանջարկի վերլուծության խնդիրն է այդ պարամետրերից ՇԿՀ-ի կառուցվածքի որակի ցուցանիշների ունեցած կախվածության որոշումը [1-4]:

Ենթադրենք՝ տրված է N_0 բաժանորդ պարունակող ՇԿՀ-ի պահանջարկի $m(N)$ ֆունկցիան, որը պետք է նախագծված լինի N_1 բաժանորդների քանակով և m_1 կապուղիներով ԲՏ-ի հիման վրա: Դիտարկենք այն դեպքը, երբ ԲՏ-ի m_1 և N_1 պարամետրերը հանդես են գալիս որպես սահմանափակումներ (նկ.):

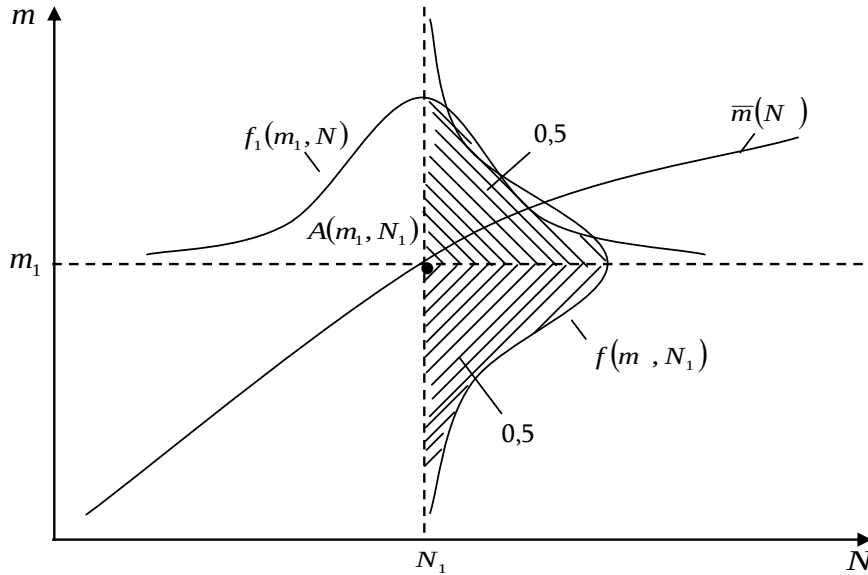
Համաձայն բաժանորդների կապվածության հավանականային մոդելի [1]՝ կապի մեջ մտնող ինչպես կապուղիների m թիվը, այնպես էլ բաժանորդների N քանակը պատահական մեծություններ են: Այդ դեպքում ԲՏ-ի հմար պահանջվող կապուղիների m թիվը և բաժանորդների N քանակը նույնպես պատահական մեծություններ են, որոնց արժեքները վերնից սահմանափակված են ԲՏ-ի m_1 և N_1 պարամետրերով :

a_i – ով նշանակենք այն հավանականությունը, որ ԲՏ –ում կապի մեջ կլինեն i բաժանորդներ :

$$a_i = P(N_m = i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, N_1, \quad (1)$$

և B_j -ով՝ այն հավանականությունը, որ կպահանջվի ԲՏ-ի j կապուղի, որպեսզի իրականացվի անխափան կապը՝

$$B_j = P(m_m = j), \quad j = 1, 2, 3, \dots, m_1 : \quad (2)$$



Նկ. Կապուղիների m թվի կախումը բաժանորդների N քանակից (աշխատանքային $A(m_1, N_1)$ կետն ընտրված է $\bar{m}(N)$ կորի վրա)

ԲՏ-ի բաժանորդների N_1 քանակի a_i ($i = 1, 2, 3, \dots, N_1$) հավանականության բաշխումը կարելի է ստանալ m_1 թվով կապուղիներ պահանջվող բաժանորդների քանակի բաշխման խտությունից հետևյալ կերպ՝

$$a_i = \int_i^{i+1} f_1(m_1, N) dN, \quad 1 \leq i < N_1, \quad (3)$$

$$a_{N_1} = \int_{N_1}^{\infty} f_1(m_1, N) dN : \quad (4)$$

Ինչպես երևում է (4)-ից՝ ամբողջովին լցված ԲՏ-ի a_{N_1} ստացման հավանականությունը որոշվում է որպես այնպիսի հավանականություն, երբ m_1 թվով կապուղիների պահանջարկ ունեցող N_1 բաժանորդների քանակը լրիվ բավարարվում է և փոքր չի լինում m_1 -ից :

Խնդիրն այն է, որ բոլոր դեպքերում, երբ FS -ի կապուղիների թիվը մեծ է պահանջարկից, ապա կապուղիներն ամբողջապես չեն օգտագործվում:

Համանմանորեն B_j հավանականությունների բաշխման որոշման համար պետք է օգտվել բաժանորդների N_1 քանակի պահանջարկի բաշխման $f(m, N_1)$ խտությունից: Հաշվի առնելով, որ բոլոր դեպքերում, երբ բաժանորդների N_1 քանակի պահանջարկի կապուղիների m_1 թվից փոքր կլինի FS -ի կապուղիների թիվը, այսինքն՝ կապուղիները բավարարում են, և բոլոր կապերն իրականացվում են հուսալիորեն՝

$$B_j = \int_i^{i+1} f(m, N_1) dm, \quad 1 \leq j < m_1, \quad (5)$$

$$B_{m_1} = \int_{m_1}^{\infty} f(m, N_1) dm, \quad (6)$$

ապա a_i և β_j հավանականությունների բաշխումը բավարարում է հետևյալ պայմանները.

$$\sum_{i=1}^{N_1} a_i = 1, \quad \sum_{j=1}^{m_1} B_j = 1: \quad (7)$$

Դիտարկենք FS կապուղիների թվի և բաժանորդների քանակի որոշման գործակցը: Q թվով FS -երի ձևավորումից հետո բաժանորդների N_n պատահական քանակ է օգտագործվում, որը պատահական մեծությունների միանման բաշխման գումար է [5],

$$N_n = \sum_{k=1}^n N_M, \quad (8)$$

որտեղ N_M -ն Q –րդ բջջային տարածքի բաժանորդների քանակն է: Դա նշանակում է, որ N_0 բաժանորդներ պարունակող ՇԿՀ-ի FS -ների թվի որոշման խնդիրը բերվում է $(0, 1, 2, 3, \dots, N_0)$ միջակայքում պատահական գումարելիների թվի որոշման խնդրին:

Սովորաբար FS բաժանորդների քանակը կախված չէ այն բանից, թե ցանկացած FS -ում քանի բաժանորդ կա, այսինքն՝ $N_M (K = 1, 2, 3, \dots)$ կարելի է անկախ պատահական մեծություն համարել: Հավանականության տեսության կենտրոնական սահմանային թեորեմի համաձայն՝ անկախ պատահական մեծությունների գումարի բաշխման օրենքը գումարելիների թվի աճի հետ անվերջ մոտենում է նորմալ բաշխ-

ման օրենքին: Գործնականում կենտրոնական սահմանային թեորեմից կարելի է օգտվել նաև այն ժամանակ, երբ խոսքը համեմատաբար ոչ մեծ թվով պատահական մեծությունների գումարի մասին է, քանի որ արդեն տասը կարգի (իսկ հաճախ՝ ավելի քիչ թվով) գումարելիների դեպքում գումարի բաշխման օրենքը կարող է ներկայացվել որպես նորմալ բաշխման օրենք [5, էջ 295]: Այսպիսով, կարելի է համարել, որ ՇԿՀ-ի Q ԲՏ-ների վրա բաժանորդների քանակի բաշխման օրենքը Q -ի մեծացման հետ ասիմպտոտորեն մոտենում է նորմալ բաշխման օրենքին:

Ապացուցված է [6, էջ 431-433], որ գումարի բաշխման ասիմպտոտային նորմալության պայմանի դեպքում պատահական գումարելիների Q քանակը $(0 - N_0)$ միջակայքում նույնպես նորմալ բաշխման օրենքով է բաշխված, որի մաթեմատիկական սպասումը կլինի՝

$$Q = \frac{N_0}{N_M}, \quad (9)$$

դիսպերսիան՝

$$D_n = \frac{N_0 D_M}{N_M^3}, \quad (10)$$

որտեղ N_M և D_M -ը համապատասխան ԲՏ -ի՝ բաժանորդների միջին քանակը և դիսպերսիան են:

ԲՏ-ի բաժանորդների քանակի բաշխման այդ պարամետրերը կարելի է ստանալ $a_i (i = 1, \bar{N}_1)$ հավանականությունների բաշխումից հետևյալ կերպ [5],

$$N_M = \sum_{i=1}^{N_1} i a_i, \quad (11)$$

$$D_M = \sum_{i=1}^{N_1} (i - N_M)^2 a_i : \quad (12)$$

Հաշվի առնելով (3) և (4) արտահայտությունները՝ ԲՏ -ի բաժանորդների միջին արժեքը և դիսպերսիան կարելի է որոշել մակերևույթի $f(m_1, N)$ հավասարման միջոցով՝

$$N_M = \int_0^{N_1} N f_1(m_1, N) dN + N_1 \int_{N_1}^{\infty} f_1(m_1, N) dN, \quad (13)$$

$$D_M = \int_0^{N_1} (N - N_M)^2 f_1(m_1, N) dN + (N_1 - N_M)^2 \int_{N_1}^{\infty} f_1(m, N) dN : \quad (14)$$

(13)-ը և (14)-ը համապատասխանաբար տեղադրելով (9)-ում և (10)-ում՝ կստանանք ՇԿՀ-ի կառուցվածքի ԲՏ-ների միջին քանակի և դիսպերսիայի գնահատման արտահայտությունները՝ համաձայն ԲՏ-ի կապուղիների m_1 թվի և բաժանորդների N_1 քանակի:

ԲՏ-երի քանակը՝

$$\bar{Q} = \frac{N_0}{\int_0^{N_1} N f_1(m_1, N) dN + N_1 \int_{N_1}^{\infty} f_1(m_1, N) dN}, \quad (15)$$

$$D_Q = \frac{N_0 \left[\int_0^{N_1} (N - N_M)^2 f_1(m_1, N) dN + (N_1 - N_M)^2 \int_{N_1}^{\infty} f_1(m_1, N) dN \right]}{\left[\int_0^{N_1} N f_1(m_1, N) dN + N_1 \int_{N_1}^{\infty} f_1(m_1, N) dN \right]^3}: \quad (16)$$

Քանի որ ԲՏ-ների Q թիվը նորմալ բաշխումով պատահական մեծություն է, ապա նրա հնարավոր արժեքները կարող են շեղվել միջին արժեքից գործնականորեն ստանդարտ շեղման եռակի մեծությունից ոչ ավելի [5, էջ 122]: Հետևաբար, կարելի է ասել, որ ԲՏ-ների թիվը ՇԿՀ-ում կլինի

$$Q = \bar{Q} \pm 3\sqrt{D_n} \quad (17)$$

սահմաններում:

Սահմանենք ԲՏ-ի լցվածության գործակիցը որպես ՇԿՀ-ի բաժանորդների ընդհանուր քանակի հարաբերությունը ԲՏ-ների բաժանորդների գումարային քանակին՝

$$K = \frac{N_0}{N_{\text{բաժ}}} = \frac{N_0}{QN_1}: \quad (18)$$

Հաշվի առնելով (9)-ը, գտնենք լցման գործակցի միջին արժեքը՝

$$\bar{K} = \frac{N_0}{QN_1} = \frac{N_0}{\frac{N_0}{N_{\text{բաժ}}} N_1} = \frac{N_{\text{բաժ}}}{N_1}: \quad (19)$$

(18)-ի մեջ տեղադրելով (17)-ի արժեքը, կարելի է որոշել ԲՏ-ների լցման գործակցի փոփոխման սահմանները՝

$$K = \frac{N_0}{(Q \pm 3\sqrt{Q_Q})N_1} : \quad (20)$$

ԲՏ-ների կապուղիների գումարային թիվը կարելի է գնահատել հետևյալ կերպ՝

$$M = Q\bar{m} , \quad (21)$$

որտեղ $\bar{m}$ –ը մեկ ԲՏ-ի կապուղիների միջին թիվն է՝

$$\bar{m} = \sum_{j=1}^{m_i} JB_j : \quad (22)$$

Հաշվի առնելով (5), (6) բանաձևերը՝ կարելի է գրել՝

$$\bar{m} = \int_0^{m_i} mf(m, N_1)dm + m_1 \int_{m_i}^{\infty} f(m, N_1)dm : \quad (23)$$

Ստացված մաթեմատիկական մոդելները թույլ են տալիս գնահատել բաժանորդների քանակը և ԲՏ-ի կապուղիների պահանջվող թիվը, ԲՏ-ների քանակը և նրանց լցման գործակիցը, ինչպես նաև ԲՏ-ների կապուղիների գումարային թիվը՝ կախված մեկ ԲՏ-ում կապուղիների m_1 թվից և բաժանորդների N_1 քանակից:

Եզրակացություն

1. ՇԿՀ-ի կապուղիների որակի որոշ ցուցիչները (ԲՏ-ի քանակ, ԲՏ-ի լցման գործակից և կապուղիների գումարային թիվ) կախված են ՇԿՀ-ի ԲՏ-ի կապուղիների m_1 թվից և բաժանորդների N_1 քանակից: Այդ կապուղիների անալիտիկ արտահայտությունները՝ ստացված ՇԿՀ-ի բաժանորդների կախվածության հավանականային մոդելի միջոցով, կարող են օգտագործվել ըստ կապուղիների թվի և բաժանորդների քանակի՝ ԲՏ-ի տեսական վերլուծության խնդրի լուծման ժամանակ:

2. Մակերևույթի հավասարումների համախումբը, որոնցից մեկը բաժանորդների N քանակի կապուղիների թվի բաշխման խտությունների երկրաչափական տեղն է, իսկ մյուսը՝ m կապեր ունեցող բաժանորդների քանակի բաշխման խտությունների երկրաչափական տեղը, կարելի է դիտել որպես ՇԿՀ բաժանորդների կախվածության հավանականային մոդել:

3. ՇԿՀ-ի կառուցվածքի որակի որոշ ցուցանիշներ (ԲՏ-ների քանակ, ԲՏ-ի լցման գործակից և ԲՏ-ների կապուղիների գումարային թիվ) կապված են ՇԿՀ-ի բաժանորդների կախվածության հավանականային մոդելի միջոցով, կարող են օգտագործվել ըստ կապուղիների թվի և բաժանորդների քանակի՝ ԲՏ-ի տեսական վերլուծության համար:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Գոմցյան Հ.Ա., Հուսիկյան Լ.Դ.** Բջջային կապի համակարգի դետերմինիստական և հավանականային մոդելների համարժեքության վերլուծությունը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ. Տեխնիկական գիտությունների սերիա. - 2009. - Հատոր LXII, N1. - էջ 76-84:
2. **Усикян О.Д.** Метод определения количества каналов связи мобильных телефонных систем // Материалы 9-й Межд. молодежной науч.-техн. конф. “Современные проблемы радиотехники и телекоммуникации РТ-2013”. - Севастополь, 2013. - С. 135.
3. **Husikyan L.D.** Probability Model of the Mobile System's Channel Capacity // Proc. of the 7th international conf. “Computer Science and Information Technologies.”- Yerevan, 2009. - P.154-155.
4. **Գոմցյան Հ.Ա., Հուսիկյան Լ.Դ.** Բջջային կապի համակարգի հավանականային մոդելի վերլուծությունը // ՀՃԱ ԼՐԱԲԵՐ. - 2009.- Հատոր 5, N4. - էջ 561-564:
5. **Тихонов Б.И., Миронов М.А.** Марковские процессы.- М.: Советское радио, 1977.- 488 с.
6. **Вентцель Е.С.** Теория вероятностей. – М.: Наука, 1962. – 564 с.

ՀՊՃՀ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 12.05.2013:

Օ.Ա. ГОМЦЯН, О.Д. УСИКЯН

АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВА АБОНЕНТОВ И ЧИСЛА КАНАЛОВ СОТОВЫХ ЗОН ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

С помощью математической модели определяются количество сотовых зон покрытия, коэффициент заполнения, среднее число и дисперсия каналов сотовых зон покрытия в системе в зависимости от параметров количества абонентов и числа каналов сотовых зон покрытия системы мобильной связи.

Ключевые слова: мобильная связь, сотовая зона покрытия, канал, плотность распределения, дисперсия.

H.A. GOMTSYAN, H.D. HUSIKYAN

ANALYZING THE QUANTITY OF CHANNELS AND THE NUMBER OF SUBSCRIBERS IN MOBILE CELLS OF A MOBILE COMMUNICATION SYSTEM

By means of a mathematical model, the number of subscribers and the quantity of channels in the cell areas, the filling coefficient, the average number and dispersion of channels in the cell areas in the system are determined depending on the parameters of the subscribers' number and the quantity of channels in the cell areas of mobile communication.

Keywords: mobile communication, cell area, channel, distribution density, dispersion.

С.О. СИМОНЯН, А.Г. АСАТРЯН, Г.А. АСЛАНЯН

**О ПРИМЕНЕНИИ МНОГОТОЧЕЧНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ
ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ЗАДАЧАХ С РАЗРЫВНЫМИ ФУНКЦИЯМИ**

Получены сравнительные характеристики процедур восстановления разрывных функций-оригиналов с помощью однотоочечных и многотоочечных дифференциально-тейлоровских, а также дифференциально-падеевских преобразований. Показаны преимущества многотоочечных дифференциально-тейлоровских преобразований.

Ключевые слова: разрывные функции, однотоочечные и многотоочечные дифференциально-тейлоровские преобразования, дифференциально-падеевские преобразования, сравнительные характеристики.

Однотоочечные дифференциально-тейлоровские (ДТ) преобразования имеют вид [1,2]

$$X(K) = \frac{H^K}{K!} \left[\frac{d^K x(t)}{dt^K} \right]_{t=t_v \neq 0}, K = \overline{0, \infty} \quad \Leftrightarrow \quad x(t) = \sum_{K=0}^{K=\infty} \left(\frac{t-t_v}{H} \right)^K X(K), \quad (1)$$

где $K = \overline{0, \infty}$ – целочисленный аргумент; $X(K)$, $K = \overline{0, \infty}$ – дискреты оригинала $x(t)$; H – масштабный коэффициент; t_v – центр аппроксимации; символ $\Leftrightarrow$ – знак перехода из области оригиналов в область Д-изображений и наоборот [1,2].

При медленной сходимости или даже расходимости ряда (1) отрезок $(0, T)$, на котором ищется оригинал $x(t)$, разделим на отдельные интервалы и на каждом из них представим оригинал в виде локального степенного ряда. Разделяя отрезок $(0, T)$, например, на n равных интервалов $h = T/n$ и выбирая масштабную постоянную $H = h$, получим оригинал $x(t)$ в виде составного ряда, который можно записать следующим образом [1,2]:

$$x(t) = \gamma(t) \sum_{K=0}^{K=\infty} \left(\frac{t}{h} \right)^K X_0(K) + \frac{2h}{h} \gamma(t) \sum_{K=0}^{K=\infty} \left(\frac{t-h}{h} \right)^K X_1(K) + \dots \\ + \frac{T}{(n-1)h} \gamma(t) \sum_{K=0}^{K=\infty} \left(\frac{t-(n-1)h}{h} \right)^K X_{n-1}(K), \quad (2)$$

где

$$\gamma_{ih}^{(i+1)h}(t) = \begin{cases} 0, \text{ если } t < ih, \\ 1/2, \text{ если } t = ih, \\ 1, \text{ если } ih < t < (i+1)h, \\ 1/2, \text{ если } t = (i+1)h, \\ 0, \text{ если } t > (i+1)h \end{cases} \quad (3)$$

функциональные прерыватели Герсеванова; $X_i(K) = \{x(t)\}_{t=ih}$ - дифференциальные спектры оригинала $x(t)$ в точках $t_i = ih$, $i = 0, 1, \dots, n-1$. Функция $x(t)$ в данном случае будет непрерывной на искомом отрезке.

Дифференциально-падеевские (ДП) преобразования записываются в виде [1,3]

$$X(K) = \frac{H^K}{K!} \left[\frac{d^K x(t)}{dt^K} \right]_{t=t_v=0} \quad \underline{\cdot} \quad x(t) = \frac{a_0 + a_1 \cdot \tau + \dots + a_m \cdot \tau^m}{1 + b_1 \cdot \tau + \dots + b_n \cdot \tau^n} + \rho(\tau), \quad (4)$$

где $\tau = t \cdot H^{-1}$ - относительный аргумент; $a_\mu, \mu = \overline{0, m}$ и $b_\mu, \mu = \overline{1, n}$ - некоторые постоянные (неизвестные коэффициенты алгебраических многочленов числителя и знаменателя оригинала $x(t)$ соответственно); $\rho(\tau)$ - известная функция, которая в частном случае может быть равной нулю; обычно $m \leq n$ [3,4].

Обозначив $\bar{x}(t) = x(t) - \rho(t)$, из (4) нетрудно получить спектральное уравнение [3,4]

$$\bar{X}(K) + b_1 \cdot \bar{X}(K-1) + b_2 \cdot \bar{X}(K-2) + \dots + b_n \cdot \bar{X}(K-n) = a_0 \mathcal{B}(K) + a_1 \mathcal{B}(K-1) + \dots + a_m \mathcal{B}(K-m)$$

где $\mathcal{B}(K-i), i = \overline{0, m}$ - тейлоровские единицы [1,2]. Отсюда при $m > K$ имеем линейную относительно коэффициентов b_μ определенную алгебраическую систему уравнений

$$\begin{bmatrix} \bar{X}(m) & \bar{X}(m-1) & \dots & \bar{X}(m-n+1) \\ \bar{X}(m+1) & \bar{X}(m) & \dots & \bar{X}(m-n+2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{X}(m+n-1) & \bar{X}(m+n-2) & \dots & \bar{X}(m) \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} \bar{X}(m+1) \\ \bar{X}(m+2) \\ \vdots \\ \bar{X}(m+n) \end{pmatrix}, \quad (5)$$

откуда однозначно могут быть найдены коэффициенты $b_\mu, \mu = \overline{1, n}$.

Коэффициенты $a_\mu, \mu = \overline{0, m}$ рассчитываются согласно матрично-векторному представлению

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ b_1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ b_2 & b_1 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_m & b_{m-1} & b_{m-2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \overline{X}(0) \\ \overline{X}(1) \\ \overline{X}(2) \\ \dots \\ \overline{X}(m) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Теперь рассмотрим несколько примеров применения приведенных выше дифференциальных преобразований, а также сравним восстановленные на их основе функции-оригиналы $x(t)$.

Пример 1. Пусть задана следующая непрерывная функция:

$$x(t) = \begin{cases} (t+1)^2 - 8 & \text{при } t < -2, \\ t^3 + 1 & \text{при } -2 \leq t < 1, \\ 2/t^2 & \text{при } t \geq 1, \end{cases} \quad (7)$$

имеющая разрывы производных в точках -2 и 1 .

Сначала восстановим функцию с помощью односточечных ДТ-преобразований.

Центр аппроксимации возьмем равным $t_v = -3$, масштабный коэффициент $H = 1$. В соответствии с (1) дискреты в точке t_v будут равны

$$X(0) = -4, X(1) = 2(t+1) = -4, X(2) = \frac{2}{2!} = 1, X(K) = 0; K \geq 3.$$

Восстановив функцию с помощью (1), получим

$$x(t) = -4 - 4(t+3) + (t+3)^2 = -4 - 4t - 12 + t^2 + 6t + 9 = t^2 + 2t - 7 = (t+1)^2 - 8,$$

что и должно быть. Полученная функция полностью совпадает с оригиналом на промежутке $(-\infty, -2)$, но на других отрезках резко отличается от искомой функции.

При $t_v = -1$ дискреты функции $x(t)$ равны

$$X(0) = 0, X(1) = 3, X(2) = -3, X(K) = 0; K \geq 3,$$

а восстановленная функция $x(t) = t^3 + 1$ совпадает с оригиналом только на промежутке $[-2, 1]$.

При $t_v = 1$ дискреты функции $x(t)$ равны

$$X(0) = 2, X(1) = -4, X(2) = 6, X(3) = -8, X(4) = 10,$$

а восстановленная функция будет иметь вид

$$x(t) = 10(t-1)^4 - 8(t-1)^3 + 6(t-1)^2 - 4(t-1) + 2.$$

Как видно из вышеприведенных соотношений, функция, восстановленная с помощью однократных ДТ-преобразований, совпадает с оригиналом только на промежутках, где функция-оригинал представлена в виде степенного многочлена. При этом она совпадает с оригиналом на отдельных отрезках $(-\infty, -2)$, $[-2, 1)$, а после точки $t_v = 1$ резко отклоняется от нее. На отрезке $[1, \infty)$, где оригинал представлен в виде дробно-рациональной функции, восстановленная функция приближается к оригиналу только на небольшом промежутке, близком к точке аппроксимации $t_v = 1$.

Теперь восстановим оригинал с помощью ДП-преобразований при тех же точках аппроксимации $t_v = -3, -1, 1$. Результат представлен на рис. 1 ($m=0, n=2$). Как видно, восстановленная функция близка к оригиналу только на промежутке, где функция-оригинал представлена в виде дробно-рациональной функции.

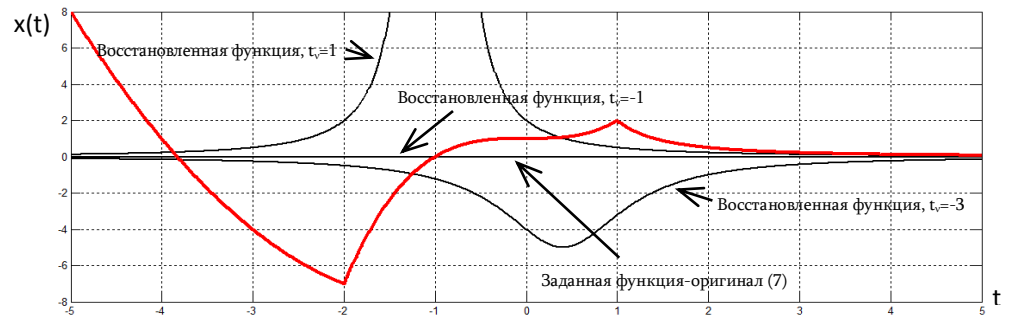


Рис. 1. Функция-оригинал (7) и функция, восстановленная с помощью ДП-преобразований при центрах аппроксимации $t_v = -3, t_v = -1, t_v = 1$

И, наконец, восстановим оригинал с помощью многоточечных ДТ-преобразований. Разделим интервал $[-3, 1]$ на равные подынтервалы с шагом $H = h = 0.3$. При этом центры аппроксимации равны $t_v = \{-3; -2.7; \dots; 0.7; 1\}$, $n = 10$. Восстановленная функция при $K = 4$ будет иметь вид

$$x(t) = \sum_{K=0}^{K=4} \gamma(t) \left(\frac{t+3}{0.3} \right)^K X_0(K) + \sum_{K=0}^{K=4} \gamma(t) \left(\frac{t+2.7}{0.3} \right)^K X_1(K) + \dots + \sum_{K=0}^{K=4} \gamma(t) \left(\frac{t-0.7}{0.3} \right)^K X_{n-1}(K).$$

Для сравнения построим график этой и разыскиваемой функций (рис. 2).

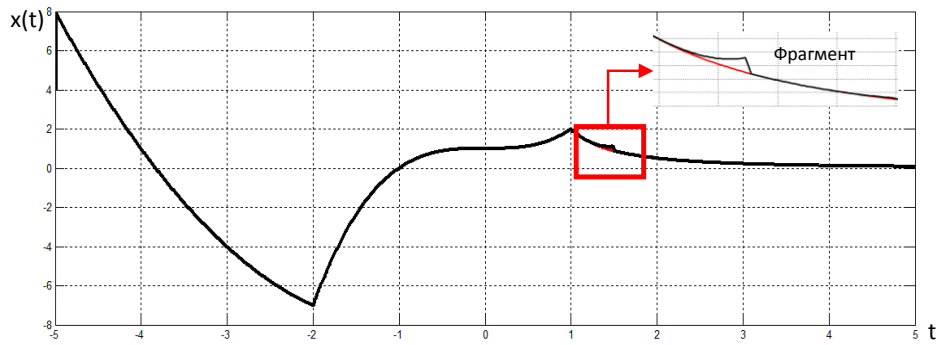


Рис. 2. Функция-оригинал (7) и функция, восстановленная с помощью многоточечных ДТ-преобразований, $h=0.3$, $K=4$

Как видно из рис. 2, функция, восстановленная с помощью многоточечных ДТ-преобразований, полностью совпадает с оригиналом на интервалах $(-\infty, -2]$, $[-2, 1]$ и лишь на участке, где разыскиваемая функция представлена в виде дробно-рациональной функции, имеет небольшие (максимум ≈ 0.225) отклонения от оригинала.

Пример 2. Пусть задана функция

$$x(t) = \begin{cases} t^2 & \text{при } t \leq -1, \\ -t + 2 & \text{при } t > -1. \end{cases} \quad (8)$$

Конечной точкой разрыва функции является $t = 1$. Восстановим функцию с помощью односточечных ДТ-преобразований на отдельных интервалах $(-\infty, -1]$ и $(-1, \infty)$. Центрами аппроксимации будут $t_v = 1$, $t_v = 0$ соответственно.

При центре аппроксимации $t_v = -1$ и масштабном коэффициенте $H = 1$ в соответствии с (1) дискреты будут равны

$$X(0) = 1, X(1) = 2t = -2, X(2) = \frac{2}{2!} = 1, X(K) = 0; K \geq 3,$$

а восстановленной функцией будет

$$x(t) = 1 - 2(t + 1) + (t + 1)^2 = t^2.$$

Последняя совпадает с оригиналом на интервале $(-\infty, -1]$, но резко отличается при $t > -1$.

При $t_v = 0$ дискреты функции равны

$$X(0) = 2, X(1) = -1, X(K) = 0; K \geq 2,$$

а восстановленная функция $x(t) = 2 - 1 \cdot t = -t + 2$ совпадает с оригиналом только на интервале $(-1, \infty)$ и резко отличается при $t \leq -1$.

Теперь восстановим функцию $x(t)$ с помощью ДП-преобразований при центрах аппроксимации $t_v = -1, t_v = 0$. При значениях $m=1, n=1,2,3$ и центре аппроксимации $t_v = 0$ восстановленная функция совпадает с оригиналом, но только на промежутке $(-1, \infty)$. В остальных случаях восстановленная функция далека от оригинала (рис. 3).

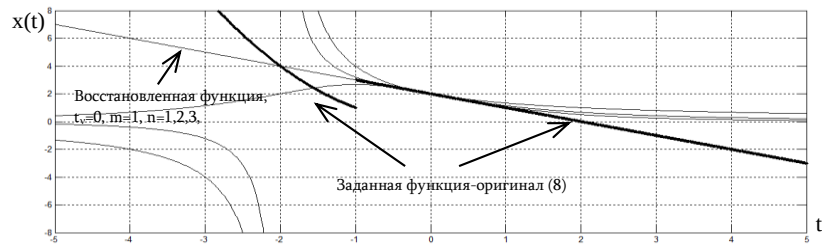


Рис. 3. Функция-оригинал (8) и функция, восстановленная с помощью ДП-преобразований при центрах аппроксимации $t_v = -1, t_v = 0$

Следуя вычислительным процедурам, представленным выше, восстановим оригинал с помощью многоточечных ДТ-преобразований, разделив интервал $[-3, 1]$ на равные подынтервалы с шагом $H = h = 0.5$. Следовательно $n = 8$, и восстановленная функция при $K = 4$ будет иметь вид

$$x(t) = \gamma(t) \sum_{K=0}^{K=4} \left(\frac{t+3}{0.5} \right)^K X_0(K) + \gamma(t) \sum_{K=0}^{K=4} \left(\frac{t+2.5}{0.5} \right)^K X_1(K) + \dots + \gamma(t) \sum_{K=0}^{K=4} \left(\frac{t-0.5}{0.5} \right)^K X_{n-1}(K).$$

Функция-оригинал (8) и функция, восстановленная с помощью многоточечных ДТ-преобразований, показаны на рис. 4.



Рис. 4. Функция-оригинал (8) и функция, восстановленная с помощью многоточечных ДТ-преобразований, $h=0.5, K=4$

Как видно из графика, ДТ-преобразование точно восстанавливает оригинал и лишь на промежутке $(-1, 1.5)$ дает неправильные результаты, поскольку центром аппроксимации все еще служит точка -1 , где функция задана в виде параболы.

Пример 3. Пусть задана функция

$$x(t) = \frac{1}{(t+1)(t+5)(t-3)}, \quad (9)$$

которая, очевидно, имеет разрывы при точках $t = -5, t = -1, t = 3$.

Восстановим функцию $x(t)$ с помощью однотоочечных ДТ-преобразований. Центры аппроксимации $t_v = -6, -3, 1, 4$, количество дискрет $K = 4$. При центре аппроксимации $t_v = -6$ дискреты функции равны

$$X(0) = -0.022, X(1) = -0.029, X(2) = -0.031, X(3) = -0.031, X(4) = -0.031,$$

а восстановленная функция имеет вид

$$x(t) = -0.022 - 0.029(t+6) - 0.031(t+6)^2 - 0.031(t+6)^3 - 0.031(t+6)^4.$$

При $t_v = -3$ дискреты функции равны

$$X(0) = 0.042, X(1) = 0.07, X(2) = 0.012, X(3) = 0.002, X(4) = 0.003,$$

а восстановленная функция имеет вид

$$x(t) = 0.042 + 0.07(t+3) + 0.012(t+3)^2 + 0.002(t+3)^3 + 0.003(t+3)^4.$$

При $t_v = 1$ дискреты функции равны

$$X(0) = -0.042, X(1) = 0.07, X(2) = -0.012, X(3) = 0.002, X(4) = -0.003,$$

а восстановленная функция имеет вид

$$x(t) = -0.042 + 0.07(t-1) - 0.012(t-1)^2 + 0.002(t-1)^3 - 0.003(t-1)^4.$$

При $t_v = 4$ дискреты функции равны

$$X(0) = 0.022, X(1) = -0.029, X(2) = 0.031, X(3) = -0.031, X(4) = 0.031,$$

а восстановленная функция имеет вид

$$x(t) = 0.022 - 0.029(t-4) + 0.031(t-4)^2 - 0.031(t-4)^3 + 0.031(t-4)^4.$$

В данном случае функции, восстановленные с помощью однотоочечных ДТ-преобразований, приближаются к оригиналу лишь на небольших отрезках, а при всех остальных значениях далеки от оригинала.

Восстановим функцию с помощью ДП-преобразований при центре аппроксимации $t_v = 1$. При значениях $m = 0, 1, 2, 3$; $n = 3$ восстановленная функция полностью совпадает с оригиналом (рис. 5).



Рис. 5. Функция-оригинал (9) и функция, восстановленная с помощью ДП-преобразований при центре аппроксимации $t_v=1$, $m=0,1,2,3$, $n=3$

Однако, как показывают исследования, при некоторых значениях m и n (например, $m = 1$ и $n = 1, 2$) восстановленные функции на некоторых промежутках резко отличаются от оригинала.

Теперь представим результат восстановления оригинала (9) с помощью многоточечных ДТ-преобразований. Выберем шаг h деления интервала $[-10, 10]$ равным 0.1, а количество дискрет $K = 4$.

Следовательно, $n = 200$, и восстановленная функция при $K = 4$ будет иметь вид

$$x(t) = \frac{-9.9}{-10} \gamma(t) \sum_{K=0}^{K=4} \left(\frac{t+10}{0.1} \right)^K X_0(K) + \frac{-9.8}{-9.9} \gamma(t) \sum_{K=0}^{K=4} \left(\frac{t+9.9}{0.1} \right)^K X_1(K) + \dots + \frac{10}{9.9} \gamma(t) \sum_{K=0}^{K=4} \left(\frac{t-9.9}{0.1} \right)^K X_{n-1}(K).$$



Рис. 6. Функция-оригинал (9) и функция, восстановленная с помощью многоточечных ДТ-преобразований, $h=0.1$, $K=4$

Как видно из рис. 6, восстановленная функция почти полностью совпадает с функцией-оригиналом и лишь на небольших отрезках дает малые отклонения.

Таким образом, можно однозначно утверждать, что:

- многоточечные ДТ-преобразования точнее восстанавливают разыскиваемую функцию по сравнению с однотоочечными ДТ-преобразованиями;
- многоточечные ДТ-преобразования требуют меньшего количества вычислительных процедур по сравнению с ДП-преобразованиями ввиду отсутствия необходимости перебора значений m и n , а также решения систем уравнений (5) и (6) для нахождения коэффициентов a и b ;
- размер шага для разделения интервала, на котором разыскивается оригинал, при многоточечных ДТ-преобразованиях выбирается в зависимости от степени желаемой точности. Чем меньше шаг, тем точнее восстановленная функция. При этом отмечается, что наибольшая погрешность восстановленных значений возникает при совпадении переменной t с центрами аппроксимации.

Заключение. Установлено, что многоточечные ДТ-преобразования дают наилучший результат в задачах с разрывными функциями, поскольку центры аппроксимации динамично меняются в зависимости от расположения текущей точки.

Для выполнения вычислений и построения соответствующих графиков создана программа с помощью программной среды MATLAB [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пухов Г.Е. Дифференциальные спектры и модели. – Киев: Наукова думка, 1990.–184 с.
2. Пухов Г.Е. Дифференциальные преобразования и математическое моделирование физических процессов. – Киев: Наукова думка. 1986. – 157 с.
3. Симонян С.О., Аветисян А.Г. Прикладная теория дифференциальных преобразований. - Ереван: Изд-во ГИУА “Чартарагет”, 2010. – 360 с.
4. Симонян С.О., Аветисян А.Г., Кюрегян А.Л. Обобщенные дифференциально-падаевские преобразования // Моделирование, оптимизация, управление: Сб. науч. трудов ГИУА. - Ереван, 2002. - Вып. 5. - С. 5-9.
5. The MathWorks, Inc., MATLAB The language of technical programming. Using MATLAB Graphics, Version 7.

ГИУА (ПОЛИТЕХНИК). Материал поступил в редакцию 02.12.2013.

Մ.Հ. ՄԻՄՈՆՅԱՆ, Ա.Հ. ԱՍԱՏՐՅԱՆ, Հ.Ա. ԱՍԼԱՆՅԱՆ
**ԽԶՎՈՂ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐՈՎ ԽՆԴԻՐՆԵՐՈՒՄ ԲԱԶՄԱԿԵՏ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ
ՁԵՎԱՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ՄԱՍԻՆ**

Ստացվել են միակետ և բազմակետ դիֆերենցիալ-թեյլորյան, ինչպես նաև դիֆերենցիալ-պադեյան ձևափոխությունների միջոցով խզման կետեր ունեցող ֆունկցիաների բնօրինակների վերականգնման գործընթացների համեմատական բնութագրերը: Ներկայացված են բազմակետ դիֆերենցիալ-թեյլորյան ձևափոխությունների առավելությունները:

Առանցքային բառեր. խզվող ֆունկցիաներ, միակետ և բազմակետ դիֆերենցիալ-թեյլորյան ձևափոխություններ, դիֆերենցիալ-պադեյան ձևափոխություններ, համեմատական բնութագրեր:

S.H. SIMONYAN, A.H. ASATRYAN, H.A. ASLANYAN
**ON APPLICATION OF MULTIPOINT DIFFERENTIAL TRANSFORMATIONS IN
THE PROBLEMS WITH DISCONTINUOUS FUNCTIONS**

The comparative characteristics of discontinuous original function restoration procedures by single-point and multipoint differential-Taylor, as well as differential-Pade transformations are obtained. The advantages of multipoint differential-Taylor transformations are shown.

Keywords: discontinuous functions, single-point and multipoint differential-Taylor transformations, differential-Pade transformations, comparative characteristics.

ՀՏԴ 004:504.5:681.51

ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՈՒՄ ԵՎ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ

Լ.Գ. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ

ՕՊՏԻՄԱԼ ՎԱՐԿԱՅԻՆ ՊՈՐՏՖԵԼԻ ՁևԱՎՈՐՄԱՆ ԽՆԴԻՐԸ

Արժեթղթերի համար ձևակերպված Մարկովիցի հայտնի մոդելի հիման վրա մշակված է օպտիմալ վարկային պորտֆելի ձևավորման մաթեմատիկական մոդել, որը ներկայացնում է ամբողջաթիվ ծրագրավորման խնդիր: Խնդրի լուծման գործընթացն ավտոմատացված է:

Առանցքային բառեր. վարկային ռիսկ, վարկային պորտֆել, եկամտաբերության դիսպերսիա, դեֆոլտի հավանականություն:

Ներածություն: Պորտֆելային մակարդակում վարկային ռիսկի կառավարման կարևոր փուլերից է վարկային պորտֆելի նպատակաուղղված ձևավորումն այնպես, որ հաշվի առնվեն նպատակային եկամտաբերությունը և դիվերսիֆիկացիան, ինչպես նաև վարկային ռիսկի վրա դրված սահմանափակումները [1]:

Վարկային պորտֆելի կառուցվածքի օպտիմալացումը և նպատակաուղղված ձևավորումը, ի տարբերություն արժեթղթերի պորտֆելի օպտիմալացման, համեմատաբար նոր ուղղություն է և արժանի է հատուկ ուշադրության:

Վարկային պորտֆելի հատկությունների վերլուծությունը և արժեթղթերի պորտֆելի հետ դրանց համեմատումը թույլ է տալիս առանձնացնել երկու առավել կարևոր գործոններ, որոնք որոշում են դրանց կառավարումների միջև եղած տարբերությունը: Նախ՝ վարկերը, ի տարբերություն արժեթղթերի, չունեն որոշակի շուկայական գին, երկրորդ՝ ներդրում կատարողը, այսինքն՝ բանկը, չի կարող նախօրոք որոշված ծավալով վարկեր ձեռք բերել: Վարկի ծավալը որոշվում է վարկառուի կողմից վարկային հայտով՝ կախված վարկային ռեսուրսների պահանջարկից: Այդ պատճառով բանկի դեկավարության որոշումը հանգեցվում է վարկից եկամտաբերության դրույքի որոշմանը և ունի բինար բնույթ՝ տրամադրել (1) կամ չտրամադրել (0) հարցվող ծավալի վարկ [2]:

Վարկի տրամադրման վճռի կայացման բինար բնույթը թույլ է տալիս, հաշվի առնելով փոփոխականների ամբողջաթիվ լինելը, առաջարկել վարկային պորտֆելի օպտիմալացման մոդել՝ հիմնված արժեթղթերի պորտֆելի համար ձևակերպված Մարկովիցի հայտնի մոդելի վրա [3]:

Խնդրի դրվածքը: Ենթադրենք՝ անհրաժեշտ է ձևավորել վարկային պորտֆել՝ ըստ $i = 1, N$ պարտատերերի կողմից ներկայացված $V_1, \dots, V_N$ ծավալներով վարկային հայտերի: Ենթադրենք նաև, որ բանկի ընդհանուր վարկային ռեսուրսների գումարը V է: Այդ դեպքում յուրաքանչյուր վարկի կշռային գործակիցը՝ w_i -ն կորոշվի

$$w_i = V_i / V$$

առնչությամբ:

n_i - ով նշանակենք վարկ տրամադրելու վերաբերյալ բանկի վճիռն արտացոլող երկուական փոփոխականները, այսինքն՝ $n_i = 1$, եթե i -րդ վարկատուին վարկ է տրամադրվել, և $n_i = 0$ ՝ հակառակ դեպքում: Այն փաստը, որ բանկի կողմից տրամադրվող վարկերի գումարը չպետք է գերազանցի բանկի վարկային ռեսուրսների ընդհանուր ծավալը, արտահայտվում է կշռային գործակիցների գումարի վրա դրված սահմանափակմամբ [4]՝

$$\sum_{i=1}^N V_i n_i \leq V \Rightarrow \sum_{i=1}^N w_i n_i \leq 1:$$

r_i - ով նշանակենք i -րդ վարկից ստացվելիք եկամտաբերությունը, σ^2_i - ով՝ i -րդ վարկից սպասվելիք եկամտաբերության դիսպերսիան: Ենթադրենք նաև, որ երկու կամայական i և j եկամտաբերությունների միջև կորելյացիայի գործակիցը նույնն է, և այն նշանակենք ρ - ով: Այսպիսով, վարկային պորտֆելի օպտիմալացման խնդիրը, հաշվի առնելով փնտրվող փոփոխականների ամբողջաթիվ լինելը, կարելի է ձևակերպել հետևյալ կերպ՝

$$L = \sum_{i=1}^N \sigma_i^2 n_i^2 w_i^2 + 2 \sum_{i>j, j=1}^N (\sigma_i \sigma_j \rho) (n_i w_i) (n_j w_j) \rightarrow \min_{n_i}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N r_i n_i w_i \geq \bar{r}, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N w_i n_i \leq 1, \quad (3)$$

$$E = \sum_{i=1}^N n_i P D_i C_i (1 - R_i) \leq A, \quad (4)$$

$$n_i \in \{0, 1\}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (5)$$

որտեղ L - ը վարկային պորտֆելի եկամտաբերության դիսպերսիան է, σ_i - ն՝ i -րդ վարկի եկամտաբերության միջին քառակուսային շեղումը, w_i - ն՝ i -րդ վարկի կշռային գործակիցը, n_i - ն՝ փնտրվող բինար փոփոխականները, ρ - ն՝ երկու կամայական վարկերի եկամտաբերությունների միջև կորելյացիայի գործակիցը, r_i - ն՝ i -րդ վարկի

եկամտաբերությունը, $\bar{r}$ -ն՝ վարկային պորտֆելի նվազագույն եկամտաբերությունը (որը սահմանվում է բանկի կողմից), E -ն՝ վարկային պորտֆելի սպասելի կորուստները [5], PD_i -ն՝ i -րդ վարկի դեֆոլտի հավանականությունը (որը որոշվում է սքորինգային եղանակով) [6], C_i -ն՝ դեֆոլտի դեպքում ռիսկի ենթարկված ակտիվների արժեքը, R_i -ն՝ կորուստների փոխհատուցման մակարդակը, A -ն՝ բանկի կողմից ընդունված թույլատրելի ռիսկի մակարդակը, N -ը՝ վարկային պորտֆելում վարկերի (հաճախորդների) քանակը:

Ձևակերպված խնդիրը ներկայացնում է (1) եկամտաբերության դիսպերսիայի մինիմալացման խնդիր՝ վարկային պորտֆելի նվազագույն եկամտաբերության (2), կշռային գործակիցների գումարի (3), պորտֆելի սպասելի կորուստների (4) և փնտրվող փոփոխականների բուլյան լինելու (5) վրա դրված սահմանափակումների դեպքում:

Վարկային պորտֆելի եկամտաբերության դիսպերսիան կազմված է վարկային պորտֆելը ձևավորող առանձին վարկերի եկամտաբերությունների σ_i^2 դիսպերսիաների գումարից և վարկերի եկամտաբերության կովարիացիայից՝ $\sigma_i \sigma_j \rho$, հաշվի առնելով w_i կշռային գործակիցները և վարկի տրամադրման երկուական նշիչները՝ n_i [7]:

Հաշվի առնելով ՀՀ բանկային համակարգի առանձնահատկությունները և այն փաստը, որ դիտարկվում է ֆիզիկական անձ հանդիսացող հաճախորդների վարկային պորտֆելը, վարկառուների եկամտաբերության կովարիացիան կարող ենք հաշվի չառնել: Արդյունքում՝ (1) առնչությունը կընդունի է հետևյալ տեսքը՝

$$L = \sum_{i=1}^N \sigma_i^2 n_i^2 w_i^2 \rightarrow \min_{n_i} : \quad (6)$$

Առանձին վարկերի եկամտաբերությունների դիսպերսիաները որոշվում են վիճակագրության տեսությունից հայտնի Դելտա մեթոդով [8]՝

$$\sigma_i^2 = (1 + r_f)^2 \frac{[(LGD \cdot PD_i)^2 (1 - PD_i) + (LGD \cdot (PD_i - 1))^2 PD_i]}{[(1 - LGD \cdot PD_i)]^2}, \quad (7)$$

որտեղ r_f -ը առանց ռիսկայնության տոկոսադրույքն է, LGD-ը՝ վարկառուի դեֆոլտի դեպքում կորուստները (վարկառուին տրամադրված ընդհանուր գումարից տոկոսաբաժինը) [9]:

Վարկի եկամտաբերությունը որոշվում է

$$r_i = \frac{V_i}{P_i} - 1 \quad (8)$$

առնչությամբ [10], որտեղ P_i -ն վարկի ընթացիկ դիսկոնտային արժեքն է, այսինքն՝

$$P_i = \frac{PD_i(1-LGD) + (1-PD_i)V_i}{1+r_f} \quad (9)$$

Վարկային պորտֆելի նվազագույն եկամտաբերությունը կամ առանց ռիսկայնության տոկոսադրույքը՝ r_f -ը, և պորտֆելի սպասելի կորուստների վրա դրված սահմանափակումը՝ A -ն, տրվում են բանկի կողմից [11]:

Այսպիսով, ֆիզիկական անձ հանդիսացող վարկառուների համար օպտիմալ վարկային պորտֆելի ձևավորման խնդրի մաթեմատիկական մոդելը վերջնականապես կունենա հետևյալ տեսքը՝

$$L = \sum_{i=1}^N \sigma_i^2 n_i^2 w_i^2 \rightarrow \min_{n_i}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^N r_i n_i w_i \geq \bar{r}, \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^N w_i n_i \leq 1, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^N n_i PD_i C_i (1-R_i) \leq A, \quad (13)$$

$$n_i \in \{0, 1\}, \quad i = \overline{1, N}: \quad (14)$$

Ձևակերպված խնդիրը ներկայացնում է բուլյան փոփոխականներով ամբողջաթիվ ծրագրավորման խնդիր, որը լուծված է հայտնի լրիվ ընտրանքների եղանակով:

Ներկայացնենք խնդրի լուծման մեքենայական արդյունքները մոդելային օրինակով:

Հետազոտության արդյունքները: Դիտարկենք օպտիմալ վարկային պորտֆելի ձևավորման օրինակ, որը հիմնված է Standard&Poor's գործակալության կողմից առաջարկված վարկային ռեյթինգների իրական տվյալների վրա: Դեֆոլտի հավանականությունները, դրանց համապատասխան R1-R9 ագրեգացված վարկային ռեյթինգները, ըստ (7) և (8) առնչությունների հաշվարկված վարկերից եկամուտները և եկամուտների դիսպերսիաները ներկայացված են աղ.1-ում: Հաշվարկներն իրականացված են LGD=0,5 և $r_f=0,05$ արժեքների համար:

Դեֆոլտի հավանականությունները, վարկից նվազագույն եկամուտները և եկամուտների դիսպերսիաները

Ռեյթինգը	Դեֆոլտի հավանականությունը (PD_i), %	Վարկից պահանջվող նվազագույն եկամտա- բերությունը (r)	Եկամտաբերության ստանդարտ շեղում- ները (σ^2)
R1	0	0,0500	0,0000
R2	0,015	0,0501	0,0061
R3	0,035	0,0502	0,0094
R4	0,085	0,0504	0,0146
R5	0,285	0,0514	0,0267
R6	0,69	0,0535	0,0417
R7	2,12	0,0607	0,0736
R8	9,35	0,0990	0,1602
R9	21,94	0,1732	0,2611

Վարկային պորտֆելի ձևավորման համար դիտարկենք 18 վարկային հայտեր: Համարենք, որ յուրաքանչյուր վարկային ռեյթինգին համապատասխանում է երկու-ական հայտ՝ վարկային պորտֆելի ընդհանուր ծավալի 10% ($w_i = 0,1$, մանր հայտեր) և 20% ($w_i = 0,2$, խոշոր հայտեր) ծավալներով: Պահանջվում է որոշել $n_i \in \{0, 1\}$, $i = 1, \dots, 18$ փոփոխականների օպտիմալ արժեքները ($n_i = 1$ վարկը տրամադրելու կամ $n_i = 0$ վարկը մերժելու դեպքում):

Դիտարկենք բանկի երկու հավանական ռազմավարություն՝ պորտֆելի $\bar{r} = 9\%$ նպատակային եկամտաբերությամբ՝ բարձր ռիսկայնությամբ վարկերը և պորտֆելի $\bar{r} = 6\%$ նպատակային եկամտաբերությամբ՝ ցածր ռիսկայնությամբ վարկերը: Դեֆոլտի դեպքում ռիսկի ենթարկված ակտիվների արժեքը՝ C_i -ն, այն գումարն է, որը բանկը կկորցնի հաճախորդի դեֆոլտի դեպքում: Փաստացի կորուստների մեծությունը որոշվում է վարկը պրոբլեմատիկ ճանաչելու պահի դրությամբ՝ վարկի մայր գումարի և հաշվեգրված տոկոսագումարների հանրագումարով: Որպես C_i ընդունենք i -րդ հաճախորդի ընթացիկ վարկային պարտքը, այսինքն՝ հաճախորդի վարկային պարտավորությունը պորտֆելի ձևավորման պահին, որն էլ հավասար է տրամադրվող վարկի գումարի չափին՝ V_i -ին: R_i -ն i -րդ վարկատուի դեֆոլտի դեպքում կորուստների հնարավոր փոխհատուցման մակարդակն է: Գրավի իրացման հնարավորության փորձագիտական գնահատման ճանապարհով դիտարկվող օրինակի դեպքում բանկում ֆիզիկական անձանց տրամադրվող բոլոր վարկերը բաժանված են ապահովվածության երեք խմբի՝ անշարժ գույքի գրավով ապահովված վարկեր (դրանք են՝ հիփոթեքային, վերանորոգման, անշարժ գույքի գրավով սպառողական

վարկեր), որոնց համար $R_i = 0,7C_i$, ավտոմեքենայի գրավով ապահովված վարկեր (ավտոմեքենայի ձեռքբերման վարկ, որի համար գրավի առարկա է հանդիսանում ձեռք բերվող ավտոմեքենան)՝ $R_i = 0,6C_i$, և առանց գրավի վարկեր (սպառողական վարկ, օվերդրաֆտ, կրեդիտ քարտ)՝ $R_i = 0$: Բանկի կողմից ընդունված թույլատրելի ռիսկի մակարդակը՝ A -ն կընդունենք 8%:

Օպտիմալ վարկային պորտֆելի ձևավորման գործընթացն իրականացված է ըստ (10)-(14) մաթեմատիկական մոդելի: Մեքենայական փորձարկումների արդյունքները ցածր և բարձր ռիսկայնությամբ վարկերի համար ներկայացված են աղ. 2-ում:

Այսպիսով, $\bar{r} = 6\%$ դեպքում վարկային պորտֆելի եկամտաբերությունը 0,0624 է, պորտֆելի եկամտաբերության ստանդարտ շեղումը՝ 0,0272, իսկ $\bar{r} = 9\%$ դեպքում վարկային պորտֆելի եկամտաբերությունը՝ 0,0919, պորտֆելի եկամտաբերության ստանդարտ շեղումը՝ 0,0692:

Աղյուսակ 2

Օպտիմալ վարկային պորտֆելի ձևավորումը

NN	R	C_i	r_i	σ_i	w_i	$\bar{r} = 6\%$		$\bar{r} = 9\%$	
						n_i	Ընդամենը եկամտաբ.	n_i	Ընդամենը եկամտաբ.
1	2	3	4	5	6	7	8=(4)*(6)*(7)	9	10=(4)*(6)*(9)
1	R1	0,7	0,05	0,00	0,1	1	0,005	1	0,005
2	R1	0	0,05	0	0,2	1	0,01	1	0,01
3	R2	0,6	0,0501	0,0061	0,1	1	0,005	1	0,005
4	R2	0,7	0,0501	0,0061	0,2	1	0,01	1	0,01
5	R3	0	0,0502	0,0094	0,1	0	0,00	0	0
6	R3	0,6	0,0502	0,0094	0,2	1	0,01	0	0
7	R4	0,6	0,0504	0,0146	0,1	1	0,00504	0	0
8	R4	0,7	0,0504	0,0146	0,2	0	0	0	0
9	R5	0,7	0,0514	0,0267	0,1	0	0	0	0
10	R5	0,6	0,0514	0,0267	0,2	0	0	0	0
11	R6	0	0,0535	0,0417	0,1	0	0	0	0
12	R6	0,6	0,0535	0,0417	0,2	0	0	0	0
13	R7	0,6	0,0607	0,0736	0,1	0	0	0	0
14	R7	0.	0,0607	0,0736	0,2	0	0	0	0
15	R8	0,7	0,099	0,1602	0,1	0	0	1	0,0099
16	R8	0,7	0,099	0,1602	0,2	0	0	0	0
17	R9	0,7	0,1732	0,2611	0,1	1	0,0173	1	0,0173
18	R9	0,6	0,1732	0,2611	0,2	0	0	1	0,0346

Ինչպես երևում է ստացված արդյունքներից, վարկային պորտֆելի նվազագույն $\bar{r} = 6\%$ նպատակային եկամտաբերությանը հասնելու համար անհրաժեշտ է վարկեր տրամադրել համեմատաբար վստահելի վարկառուներին՝ առավել փոքր եկամտաբերության դիսպերսիայով, մասնավորապես՝ 1-4, 6 և 7 վարկառուներին: Այդ վարկերի համար գումարային եկամտաբերությունը կազմում է մոտ 5%, իսկ նպատակային 6% եկամտաբերությանը հասնելու համար հարմար է տրամադրել նաև 17-րդ վարկը, որը պորտֆելի արդյունարար եկամտաբերությունը կբարձրացնի մինչև 6,24%: Այսպիսով, միայն վարկային պորտֆելի 10% ն է բնութագրվում բարձր ռիսկայնությամբ, և այդ դեպքում եկամտաբերության ստանդարտ շեղումը կազմում է 2,72%:

Բարձր ռիսկայնության ռազմավարությանը համապատասխան՝ 9% նվազագույն նպատակային եկամտաբերությանը հասնելու համար անհրաժեշտ է վարկեր տրամադրել 1-4, 15 և 17-18-րդ վարկառուներին: 1-4 վարկերը կազմում են վարկային պորտֆելի հիմնական եկամտաբերությունը՝ մոտ 5%-ը: Եկամտաբերության մնացորդային բաժինն ընկնում է ռիսկային 15 և 17-18-րդ վարկերի վրա այնպես, որ արդյունարար եկամտաբերությունն այդ դեպքում կազմում է 9,19%: Այս դեպքում ռիսկային ներդրումների մասնաբաժինը վարկային պորտֆելի 40% -ն է, որը նշանակալիորեն բարձր է ցածր ռիսկայնությամբ ռազմավարության դեպքում ռիսկային ներդրումների մասնաբաժինից: Ձևավորված ռիսկային պորտֆելի եկամտաբերության ստանդարտ շեղումը կազմում է 6,92%, որն ավելի քան երեք անգամ գերազանցում է ցածր ռիսկայնության ռազմավարության օպտիմալ լուծման եկամտաբերության ստանդարտ շեղումը:

Եզրակացություն: Մշակված է օպտիմալ վարկային պորտֆելի ձևավորման մաթեմատիկական մոդել, որը ներկայացնում է եկամտաբերության դիսպերսիայի մինիմալացման խնդիր՝ վարկային պորտֆելի նվազագույն եկամտաբերության, կշռային գործակիցների գումարի և վարկային պորտֆելի սպասելի կորուստների վրա դրված սահմանափակումներով: Մշակված մոդելը հնարավորություն է տալիս ձևավորել օպտիմալ վարկային պորտֆել՝ ընտրելով այն վարկառուներին, որոնք նվազագույնի կհասցնեն վարկային ռիսկերը: Ձևակերպված խնդիրը ներկայացնում է ամբողջաթիվ ծրագրավորման խնդիր: Խնդրի լուծման գործընթացն ավտոմատացված է: Լուծված է մոդելային օրինակ: Մեքենայական փորձարկումների արդյունքները ներկայացված են աղյուսակի տեսքով: Կատարված է ստացված արդյունքների վերլուծություն:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Кабушкин С.Н.** Управление банковским кредитным риском. - М.: Новое знание, 2006. - 336 с.
2. **Боди З., Кейн А., Маркус А.Д.** Принципы инвестиций. - 4-е изд. /Пер. с англ. - М.: Вильямс, 2002. - 97 с.

3. **Мищенко А.В., Виноградова Е.В.** Оптимизация портфеля финансовых активов при ограничении на их целочисленность // Финансовый менеджмент.- 2006.- №5. - С. 67-77.
4. Банковские риски / Под ред. **О.И. Лаврушина и Н.И. Валенцевой**.- М.: Кнорус, 2007. - 232 с.
5. **Пустовалова Т.А.** Построение модели оценки кредитного риска кредитного портфеля коммерческого банка (на основе методологии VAR) // Научные доклады.- 2010.- № 2.- С.11 – 38.
6. **Ավետիսյան Լ.Գ., Չիլինգիրյան Մ.Գ.** Ֆիզիկական անձանց վարկունակության գնահատման ավտոմատացված համակարգի մշակումը // ՀՀԱ Լրաբեր էկոնոմիկա և Կառավարում.- 2013. – Հտտ. 10, №1. – էջ 16-23:
7. **Соколов Г.А., Гладких И.М.** Математическая статистика. - М.: Экзамен, 2004. – 432 с.
8. **Галимова А.М.** Базель II: осторожное движение в будущее // Банковские услуги. - 2007. - №5. - С. 7-11.
9. **Ван Грюнинг Х., Братанович Б.С.** Анализ банковских рисков. Система оценки корпоративного управления и управление финансовым риском / Пер. с англ. - М.: Весь мир, 2003. - 304 с.
10. **Alexander J. McNeil** Rudiger Frey, Paul Embrechts Quantitative risk management: concepts, techniques and tools // Princeton series in finance. - Princeton University Press, 2005. – 25 p.
11. **Чижова А.С.** Математические модели оценки банковского кредитного риска с учетом динамики кредитных рейтингов заемщиков: Дис. ... канд. эконом. наук.- М., 2008. 174 с.

ГИУА (ПОЛИТЕХНИК). Материал поступил в редакцию 10.01.2013.

Լ.Գ. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ

ЗАДАЧА ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО КРЕДИТНОГО ПОРТФЕЛЯ

На основе известной модели Марковица, сформированной для ценных бумаг, разработана математическая модель формирования оптимального кредитного портфеля, которая представляется в виде задачи целочисленного программирования. Процесс решения задачи автоматизирован.

Ключевые слова: кредитный риск, кредитный портфель, дисперсия доходности, вероятность дефолта.

L.G. AVETISYAN

THE TASK OF FORMING AN OPTIMUM CREDIT PORTFOLIO

Based on the well-known model of Markowitz developed for securities, a mathematical model for the optimal credit portfolio is worked out introduced as a problem of integer programming: The process of solving the problem is automated.

Keywords: credit risk, credit portfolio, variance of profitability, the default probability.

Л.ДЖ. ВАРДАНЯН

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА SPVSYSTEM ДЛЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СИСТЕМ**

Рассмотрены математические модели и обобщенный алгоритм автоматизированного проектирования фотоэлектрических систем (ФЭС) как автономного режима работы, так и соединяющихся с сетями общего электроснабжения. Представлена разработанная компьютерная программа SPVSYSTEM, которая предназначена для автоматизированного проектирования экономически выгодных ФЭС.

Ключевые слова: экономически выгодная фотоэлектрическая система, автоматизированное проектирование, программное средство SPVSYSTEM.

Введение. На сегодняшний день солнечная энергетика играет огромную роль в решении энергетических проблем всего человечества. Перспективная технология использования солнечного излучения заключается в фотоэлектрическом преобразовании прямых солнечных лучей в электрическую энергию. Преимущества фотоэлектрических станций в том, что они бесшумные, не загрязняют окружающую среду и требуют малого техобслуживания. Фотоэлектрические системы могут быть установлены близко к энергопотребителю, сокращая затраты на длинные электропроводки.

Основной проблемой использования ФЭС является их большая себестоимость. Высокая цена электроэнергии, получаемая от ФЭС, главным образом зависит от цен составных узлов ФЭС [1]. Однако оптимальное решение проблемы себестоимости ФЭС дает возможность получить экономически эффективную ФЭС с оптимальной структурой [2]. Для проектирования экономически эффективных ФЭС необходимо соответствующее программное средство, которое позволит произвести автоматизированное проектирование ФЭС. В данной работе представлена разработанная компьютерная программа SPVSYSTEM, которая предназначена для автоматизированного проектирования экономически выгодных ФЭС как автономного режима работы, так и ФЭС, соединяющихся с общей сетью электроснабжения. Реализация компьютерной программы SPVSYSTEM основана на решении задачи оптимального распределения ресурсов ФЭС (количество фотоэлектрических преобразователей, контроллеров и аккумуляторов заряда, а также инверторов тока) [3-4], в результате которого получается ФЭС с минимальной себестоимостью. Решение данной задачи оптимального распределения ресурсов ФЭС основывается на методах решения задач целочисленного линейного прог-

раммирования [4-6], где целевая функция оптимизации и налагаемые на нее ограничения имеют линейную зависимость.

Общий вид минимизируемой целевой функции себестоимости ФЭС описывается следующим выражением:

$$\min_x F_C(x) = \min_x \{C_T(x) + C_M(x)\}, \quad (1)$$

где $F_C(x)$ - суммарная себестоимость ФЭС; $C_T(x)$, $C_M(x)$ - капитальные и эксплуатационные затраты ФЭС, а $x = \{N_{PV}^i, N_{Bat}^j, N_{Ch}^k, N_{Inv}^m\}$ - вектор искомых значений количества составных узлов ФЭС.

Постановка задачи оптимизации себестоимости ФЭС автономного режима работы. Математическая задача оптимизации себестоимости ФЭС автономного режима работы главным образом определяется ценами составных компонентов ФЭС (фотопреобразователи, контроллеры заряда, электрические аккумуляторы и инверторы тока), их годовыми эксплуатационными затратами и эксплуатационным сроком электрических аккумуляторов.

Для оптимизации задачи себестоимости ФЭС автономного режима работы, когда количество моделей соответствующих составных узлов больше единицы, разработана следующая обобщенная целевая функция:

$$\begin{aligned} F_C(N_{PV}^p, N_{Bat}^p, N_{Ch}, N_{Inv}) = & \sum_{i=1}^{n_{PV}} N_{PV}^{pi} \cdot (C_{PV}^i + 20 \cdot M_{PV}^i) + \\ & + \sum_{j=1}^{n_{Bat}} N_{Bat}^{pj} \cdot (C_{Bat}^j + (20 - \gamma_{Bat}^j - 1) \cdot M_{Bat}^j) + \sum_{k=1}^{n_{Ch}} N_{Ch}^k \cdot (C_{Ch}^k + 20 \cdot M_{Ch}^k) + \\ & + \sum_{m=1}^{n_{Inv}} N_{Inv}^m \cdot (C_{Inv}^m + 20 \cdot M_{Inv}^m) \rightarrow \min, \end{aligned} \quad (2)$$

где C_{PV}^i , C_{Bat}^j , C_{Ch}^k , C_{Inv}^m , M_{PV}^i , M_{Bat}^j , M_{Ch}^k , M_{Inv}^m - соответственно значения цен (у.е.) и годовые эксплуатационные затраты (у.е./годы) i -го фотопреобразователя, j -го аккумулятора заряда, k -го контроллера заряда и m -го инвертора тока в течение 20-ти лет эксплуатационного срока ФЭС; γ_{Bat}^j - эксплуатационный срок (у.е./годы) аккумуляторов заряда; N_{PV}^i , N_{Bat}^j , N_{Ch}^k , N_{Inv}^m - соответственно искомые значения количества параллельно соединяемых i -го фотопреобразователя, j -го электрического аккумулятора, k -го контроллера заряда, m -го инвертора тока; n_{PV} , n_{Bat} , n_{Ch} , n_{Inv} - соответственно количество моделей фотопреобразователя, аккумулятора заряда, контроллера заряда и инвертора тока. Количество моделей часто на практике принимается равным единице (т.е. $n_{PV} = 1$, $n_{Bat} = 1$, $n_{Ch} = 1$, $n_{Inv} = 1$), так как при построении ФЭС целесообразно иметь соответствующие составные компоненты одной модели, а не комбинацию из нескольких моделей. Следовательно, общий вид обобщенной целевой функции (2) будет упрощен.

Для решения задачи оптимального распределения ресурсов ФЭС автономного режима работы ограничения, налагаемые на электрические параметры составных узлов ФЭС, для общего случая ($n_{PV} \neq 1$, $n_{Bat} \neq 1$, $n_{Ch} \neq 1$, $n_{Inv} \neq 1$) представлены следующей системой линейных неравенств:

$$\begin{aligned}
& \sum_{i=1}^{n_{PV}} Mod_i^{DrFct} \cdot I_{PV\ STC}^{mppi} \cdot N_{PV}^{p_i} \geq \frac{LoadsAmpHrs}{\eta_{SA} \cdot PSH}, \\
& \sum_{j=1}^{n_{Bat}} Cap_{Bat\ nom}^j \cdot N_{Bat}^{p_j} \geq \frac{LoadsAmpHrs}{\eta_{SA}} \cdot \frac{AutonomyDays}{DOD \cdot T}, \\
& \sum_{k=1}^{n_{Ch}} I_{Ch}^k \cdot N_{Ch}^k \geq 1.25 \cdot \sum_{i=1}^{n_{PV}} I_{PV\ STC}^{SC_i} \cdot N_{PV}^{p_i}, \\
& \sum_{m=1}^{n_{Inv}} P_{Inv\ out}^m \cdot N_{Inv}^m \geq ACLoadPw, \\
& N_{PV}^{s_i} = \frac{PVSysNomDC\ Volt}{V_{PV\ nom}^i}, \\
& N_{Bat}^{s_i} = \frac{PVSysNomDC\ Volt}{V_{Bat\ nom}^j}, \\
& N_{PV}^{p_i} \geq 0, N_{Bat}^{p_j} \geq 0, N_{Ch}^m \geq 0, N_{Inv}^m \geq 0, \\
& N_{PV}^{p_i} \in Z, N_{Bat}^{p_j} \in Z, N_{Ch}^m \in Z, N_{Inv}^m \in Z,
\end{aligned} \tag{3}$$

где Z - множество целых чисел; Mod_i^{DrFct} - коэффициент уменьшения значения силы тока i -го фотопреобразователя при стандартных условиях работы, когда интенсивность солнечного излучения $1000\ Bm/m^2$, а температура окружающей среды $25^\circ C$; $I_{PV\ STC}^{mppi}$ и $I_{PV\ STC}^{SC_i}$ - соответственно максимальное значение тока и ток замыкания (A) i -го фотопреобразователя при стандартных условиях работы; $LoadsAmpHr$ - среднеедневное количество энергии ($Aч$), необходимое для электрических нагрузок переменного и постоянного токов; PSH - среднеедневное значение солнечного излучения данной географической местности ($Bmч/m^2/день$); I_{Ch}^k - ток (A) k -го контроллера заряда; $\eta_{SA} = \eta_{Bat} \cdot \eta_{Ch} \cdot \eta_{wire} \cdot \eta_{Inv}$ - коэффициент эффективности ФЭС автономного режима работы; $Cap_{Bat\ nom}^j$ - номинальная емкость j -го аккумулятора заряда ($Aч$); $AutonomyDays$ - количество несолнечных дней; DOD - глубина разрядки (%) аккумулятора; T - коэффициент изменения значения емкости аккумулятора в зависимости от температуры окружающей среды; $P_{Inv\ out}^m$ - максимальная выходная мощность (Bm) m -го инвертора тока; $ACLoadPw$ - суммарная мощность (Bm) электрических нагрузок переменного тока; $N_{PV}^{s_i}$, $N_{Bat}^{s_j}$ - количество параллельно соединяемых i -го фотопреобразователя и j -го аккумулятора заряда; $PVSysNomDCVolt$ - номинальное постоянное напряжение (B) ФЭС; $V_{PV\ nom}^i$ и $V_{Bat\ nom}^j$ - соответственно номинальное напряжение i -го фотопреобразователя и j -го аккумулятора заряда.

Постановка задачи оптимизации себестоимости ФЭС, соединяющихся с общей сетью электроснабжения. Математическая задача оптимизации себестоимости ФЭС, соединяющихся с общей сетью электроснабжения, определяется главным образом ценами составных компонентов ФЭС (фотопреобразователей и инверторов тока), а также их годовыми эксплуатационными затратами.

Для оптимизации задачи себестоимости ФЭС, соединяющихся с общей сетью электроснабжения, разработана следующая целевая функция:

$$F_C(N_{PV}, N_{Inv}) = \sum_{i=1}^{n_{PV}} N_{PV}^i \cdot (C_{PV}^i + 20 \cdot M_{PV}^i) + \sum_{m=1}^{n_{Inv}} N_{Inv}^m \cdot (C_{Inv}^m + 20 \cdot M_{Inv}^m) \rightarrow \frac{\min}{N_{PV}^i, N_{Inv}^m, i=1, n_{PV}, m=1, n_{Inv}}. \quad (4)$$

Для решения задачи оптимального распределения ресурсов ФЭС, соединяющихся с общей сетью электроснабжения, ограничения, налагаемые на электрические параметры составных узлов ФЭС, для общего случая ($n_{PV} \neq 1$, $n_{Inv} \neq 1$) представлены в виде следующей системы линейных неравенств:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{n_{PV}} P_{PV\ PTC}^{mpp\ i} \cdot N_{PV}^i &\geq \frac{PV\ SysKWHrsDay}{\eta_{GC} \cdot PSH}, \\ \sum_{m=1}^{n_{Inv}} P_{Inv\ out}^m \cdot N_{Inv}^m &\geq \sum_{i=1}^{n_{PV}} P_{PV\ STC}^{mpp\ i} \cdot N_{PV}^i, \\ \sum_{i=1}^{n_{PV}} V_{PV}^{mpp\ i} \cdot k_1 \cdot N_{PV}^i &\geq \sum_{m=1}^{n_{Inv}} Inv_{minInDCVolt}^m \cdot N_{Inv}^m, \\ \sum_{i=1}^{n_{PV}} V_{PV}^{oc\ i} \cdot k_2 \cdot N_{PV}^i &\leq \sum_{m=1}^{n_{Inv}} Inv_{maxInDCVolt}^m \cdot N_{Inv}^m, \\ N_{PV}^i &\geq 0, N_{Inv}^m \geq 0, \\ N_{PV}^i &\in Z, N_{Inv}^m \in Z, \end{aligned} \quad (5)$$

где $P_{PV\ STC}^{mpp\ i}$ и $P_{PV\ PTC}^{mpp\ i}$ - соответственно максимальные значения мощности (Bm) i -го фотопреобразователя при стандартных (интенсивность солнечного излучения $1000\ Bm/m^2$, температура окружающей среды $25^\circ C$) и нестандартных (интенсивность солнечного излучения $800\ Bm/m^2$, температура окружающей среды $20^\circ C$) условиях работы фотопреобразователя; $PV\ SysKWHrsDay$ - необходимое количество суточной электроэнергии, производимой ФЭС; $\eta_{GC} = \eta_{wire} \cdot \eta_{Inv}$ - коэффициент эффективности ФЭС; $P_{Inv\ out}^m$ - выходная мощность (Bm) m -го инвертора тока; $V_{PV}^{mpp\ i}$ и $V_{PV}^{oc\ i}$ - соответственно максимальное напряжение (B) и значение напряжения холостого хода (B) i -го фотопреобразователя; $Inv_{minInDCVolt}^m$ и $Inv_{maxInDCVolt}^m$ - соответственно минимальное и максимальное значения входного постоянного напряжения (B) m -го инвертора тока; k_1 - коэффициент, учитывающий потери мощности фотопреобразователя при температуре окружающей среды $+70^\circ C$ (для моно- и поликристаллических силицированных фотопреобразователей $k_1 = 0,82$, а для тонкопленочных - $k_1 = 0,91$); k_2 - коэффициент, учитывающий потери мощности фотопреобразователя при температуре окружающей среды $-10^\circ C$ (для моно- и поликристаллических силицированных фотопреобразователей

$k_2 = 1,14$, а для тонкопленочных - $k_2 = 1,07$); N_{PV}^i и N_{Inv}^m - соответственно количество i -го фотопреобразователя и m -го инвертора тока.

Таким образом, главной целью решения задачи оптимального распределения ресурсов ФЭС, т.е. получения экономически эффективной ФЭС с оптимальной структурой, является нахождение точно описывающих зависимостей электрических параметров составных узлов ФЭС от необходимого их количества.

Математические задачи оптимизации себестоимости ФЭС ((2), (3) и (4), (5)), будучи задачами целочисленного линейного программирования [4, 5], решены методом сечения Гомори. Этот метод является модификацией симплекс-метода Джорджа Данцига [4, 5]. Время выполнения алгоритма зависит от числа искомых переменных и увеличения числа ограничений.

Описание обобщенного алгоритма проектирования ФЭС. С целью создания системы автоматизированного проектирования ФЭС разработан обобщенный алгоритм проектирования ФЭС [6-8]. Проектирование экономически эффективных ФЭС требует системного подхода, так как задачи оптимального распределения ресурсов ФЭС многопараметрические.

Блок-схема обобщенного алгоритма проектирования оптимального варианта ФЭС с минимальной себестоимостью приведена на рис. 1.

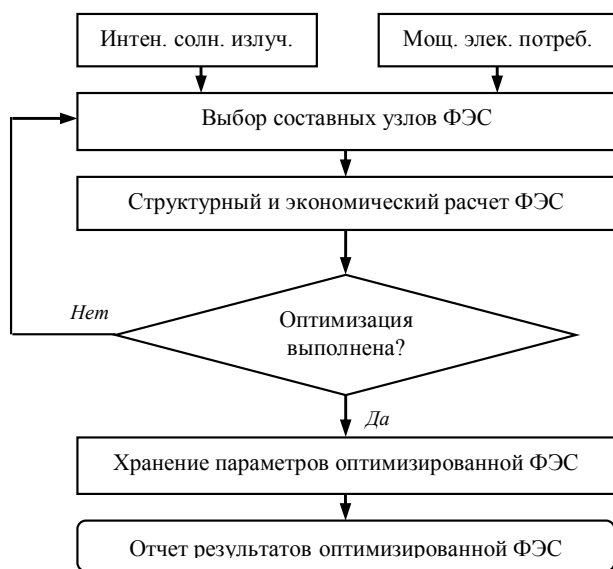


Рис. 1. Блок-схема обобщенного алгоритма проектирования ФЭС

Последовательность выполнения шагов обобщенного алгоритма проектирования ФЭС следующая:

1. Из географической базы данных местностей выбирается среднеедневное или среднегодовое значение интенсивности солнечного излучения.

2. Производится расчет электрических нагрузок, т.е. рассчитывается дневное значение или суммарной мощности, или суммарного тока потребляемых электрических нагрузок.
3. Из соответствующих баз данных производителей моделей составных узлов (фотопреобразователей, аккумуляторов, контроллеров заряда, инверторов тока) ФЭС выбираются необходимые модели.
4. Производится расчет количества выбранных моделей составных узлов ФЭС.
5. На основе полученных результатов производится экономический расчет, согласно которому определяется себестоимость проектируемой ФЭС.
6. Выполняется оптимизация возможных вариантов ФЭС, из которых выбирается ФЭС с наименьшей себестоимостью, и в конце выдаются все результаты оптимизации.

Проектирование и оптимизация ФЭС с помощью программного средства SPVSYSTEM. Для автоматизированного проектирования ФЭС как автономного режима работы, так и соединяющихся с общей сетью электроснабжения в разработанной компьютерной программе SPVSYSTEM предусмотрены соответствующие диалоговые окна выбора режима оптимизации ФЭС (рис. 2 а, б).

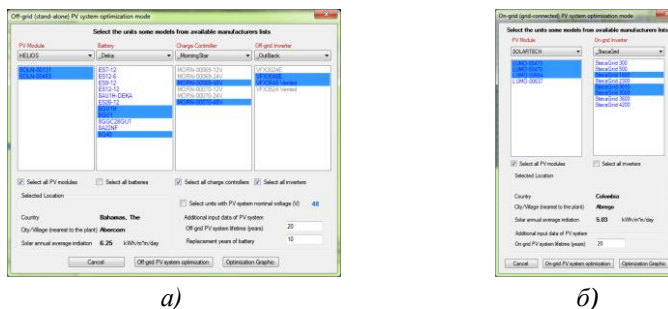


Рис. 2. Диалоговое окно выбора режима оптимизации ФЭС: а- автономного режима работы, б- соединяющихся с общей сетью электроснабжения

В диалоговом окне выбора режима оптимизации ФЭС дается возможность выбора произвольного количества моделей из соответствующих баз данных производителей составных узлов ФЭС. При нажатии соответствующих Off-grid PV system optimization или On-grid PV system optimization кнопок из выбранных моделей составных узлов ФЭС (рис. 2 а, б) составляются всевозможные комбинации ФЭС. Однако при каждой комбинации ФЭС учитывается, что количество моделей соответствующих составных узлов ФЭС не должно превышать единицу ($n_{PV} = 1$, $n_{Bat} = 1$, $n_{Ch} = 1$, $n_{Inv} = 1$), т.е. решаются частные случаи задач (2), (3) и (4), (5). В качестве входных данных также учитываются эксплуатационные сроки ФЭС и электрических аккумуляторов заряда (рис. 2 а, б). В результате

выполнения оптимизаций выдаются диаграмма и список оптимизированных комбинаций ФЭС (рис. 3 а, б). Из всего списка оптимизированных вариантов выделяется строка оптимизированной комбинации ФЭС с наименьшей себестоимостью. В итоге в рабочем окне представления электрических межсоединений составных узлов ФЭС программы SPVSYSTEM выводится принципиальная схема оптимизированной ФЭС с наименьшей себестоимостью (рис. 4 а, б).

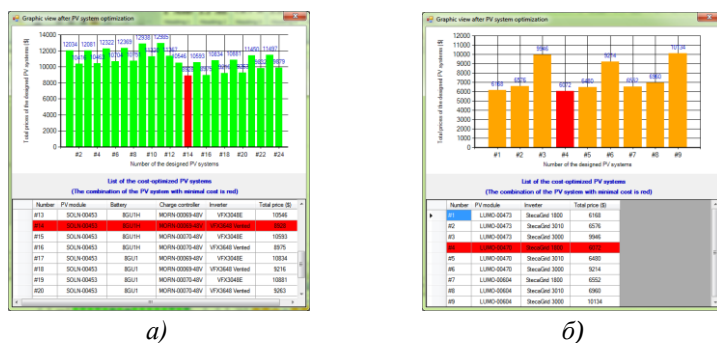


Рис. 3. Диалоговое окно просмотра результатов оптимизированных вариантов ФЭС: а- автономного режима работы, б- соединяющихся с общей сетью электроснабжения

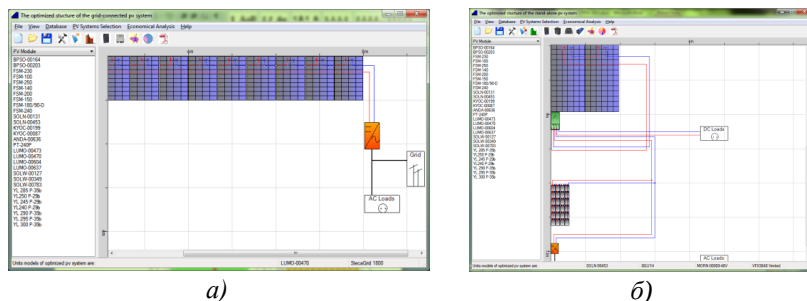


Рис. 4. Рабочее окно представления принципиальной схемы электрических межсоединений ФЭС: а- автономного режима работы, б- соединяющихся с общей сетью электроснабжения

Программа SPVSYSTEM также дает возможность получить отчетный файл результатов в формате Acrobat Reader.

Вывод. С целью получения экономически выгодных ФЭС представлены математические постановки задач оптимизации ФЭС как автономного режима работы, так и соединяющихся с общей сетью электроснабжения. Решения задач оптимального распределения ресурсов ФЭС основаны на методе сечения Гомори целочисленного линейного программирования. Представлены также обобщенный алгоритм проектирования ФЭС и компьютерная программа SPVSYSTEM, предназначенная для автоматизированного проектирования экономически выгодных ФЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Варданян Л.Дж.** Техничко-экономический анализ оптимизации фотоэлектрических систем // Вестник ГИУА. Серия “Моделирование, Оптимизация, Управление”. - Ереван, 2010. - Вып.13, т. 2. - С. 124-127.
2. **Vardanyan R.R.** Solar photovoltaic power plants: Supporting financial policy // Scientific World. - 2008. - №1. - P. 58-62 (in Armenian).
3. **Vardanyan L.J., Vardanyan R.R.** Optimization and automated design of photovoltaic systems // Proceedings of the ninth international conference “SEMICONDUCTOR MICRO- AND NANO-ELECTRONICS.” - Armenia, Yerevan, May 24-26, 2013. - P. 22-24.
4. Линейное программирование в современных задачах оптимизации / **Ю.В. Бородакий, А.М. Загребасев, Н.А. Крицына и др.** - М.: МИФИ, 2008. -188 с.
5. **Схрейвер А.** Теория линейного и целочисленного программирования. Том 1. - М.: Мир, 1991. -360 с.
6. **Վարդանյան Լ.Զ.** Ֆոտոէլեկտրական համակարգերի նախագծման իմիտացիոն մոդելավորման նկարագրությունը // ՀՊՀՀ ԼՐԱԲԵԴ. Գիտ. և մեթ. հոդվածների ժողովածու. - 2011. - Հ.3, №1. - էջ 267-271:
7. **Վարդանյան Լ.Զ.** Ֆոտոէլեկտրական համակարգերի կառուցվածքի օպտիմալացման մեթոդ // ՀՊՀՀ ԼՐԱԲԵԴ. Գիտ. և մեթ. հոդվածների ժողովածու. - 2010. - Հ.2, №1. - էջ 305-309:
8. **Варданян Л.Дж.** Метод оптимизации структур фотоэлектрических систем // Вестник ГИУА. Серия “Моделирование, Оптимизация, Управление”. - Ереван, 2009. - Вып. 12, т. 2. - С. 108-114.

ГИУА (ПОЛИТЕХНИК). Материал поступил в редакцию 22.09.2013.

Լ.Զ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ՖՈՏՈԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԱՎՏՈՄԱՏԱԶՎԱԾ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ SPVSYSTEM ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ՄԻՋՈՑԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Դիտարկված են ավտոնոմ ու ընդհանուր էլեկտրասնուցման ցանցին միացվող ֆոտոէլեկտրական համակարգերի (ՖԷՀ) ավտոմատացված նախագծման համար մշակված մաթեմատիկական մոդելները և ընդհանրացված ալգորիթմը: Ներկայացված է նաև SPVSYSTEM մշակված քոմպյութերային ծրագիրը՝ նախատեսված տնտեսապես արդյունավետ ՖԷՀ-երի ավտոմատացված նախագծման համար:

Առանցքային բաներ. տնտեսապես շահավետ ֆոտոէլեկտրական համակարգ, ավտոմատացված նախագծում, SPVSYSTEM ծրագրային միջոց:

L.J. VARDANYAN

DEVELOPING A SPVSYSTEM COMPUTER PROGRAM FOR AUTOMATED DESIGN OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Mathematical models and a generalized algorithm for automated design of photovoltaic systems (PVS) both the independently operating (stand-alone) and those connected to the nets of general power supply (grid-connected) are considered. A SPVSYSTEM computer program for automated design of efficient photovoltaic systems is introduced.

Keywords: cost-effective photovoltaic system, automated design, SPVSYSTEM computer program.

ՀՏԴ 626:627

ՀԻՂԴԱՎԼԻԿԱ ԵՎ ՀԻՂՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ
ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐ

Ա.ՅԱ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Հ.Վ. ԹՈՔՄԱՋՅԱՆ, Լ.Ա. ԴԱՇՏՈՅԱՆ

ԽՈՂՈՎԱԿԱՇԱՐԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀԻՂԴԱՎԼԻԿԱԿԱՆ
ՌԵԺԻՄՆԵՐԻ ՎՐԱ ԵՎ ՈՒՂԵԿՑՈՂ ԵՐԵՎՈՒՅՑՆԵՐԸ

Քննարկվում են գրավիտացիոն պարզ և բարդ ջրատարներում առաջացող հիդրավիկական ռեժիմները՝ կախված դրանց ընթացագծի պրոֆիլից: Խողովակաշարի սիֆոնային տեղամասերում տեղադրված օդահան սարքերը հիդրավիկական որոշ ռեժիմների դեպքում կարող են առաջ բերել խողովակի մեջ օդի կամ աղտոտված օդախառն ջրի ներթափանցում, որի արդյունքում տեղի են ունենում ճնշման անկում ու հիդրավիկական խառն ռեժիմի առաջացում: Շարժման ոչ ճնշումային ռեժիմից ճնշումայինին անցումն ուղեկցվում է հիդրավիկական թռիչքի երևույթով: Դիտարկվել է նաև բարդ խողովակաշարում վթարի առաջացման դեպքում հիդրավիկական ռեժիմի փոփոխության խնդիրը՝ կախված արտահոսքի ելքի մեծությունից:

Առանցքային բառեր. խողովակաշար, օդահան սարք, հոսանքի անընդհատության խզում, ոչ ճնշումային և ճնշումային ռեժիմ, հիդրավիկական թռիչք:

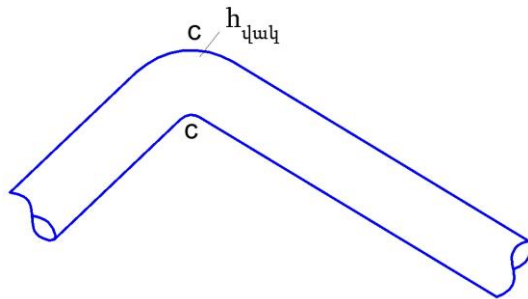
Լեռնային պայմաններում կառուցված ջրմուղի խողովակաշարերի ընթացագծերն ուղղաձիգ հարթության մեջ հաճախ ունենում են սիֆոնային ու դյուկերային բազմաթիվ տեղամասեր: Երբեմն սիֆոնային տեղամասերը հաշվային ելքի թողարկման դեպքում գործում են ճնշման թույլատրելի նոսրացման (վակուում) պայմաններում: Եթե տվյալ տեղամասն ունի համեմատաբար մեծ երկարություն և տեղադրված է բնապահպանական առումով անբարենպաստ պայմաններում (հեղեղատար, կոյուղագիծ, արդյունաբերական և անասնապահական թափոնի հրապարակներ, բնակավայրերի կենցաղային թափոնների աղբանոց, ագրեսիվ բնույթի գրունտ, գրունտային ջրերի բարձր մակարդակ և այլն), ապա տվյալ տեղամասի խողովակի վրա զանազան պատճառներով առաջացած վթարը կարող է առաջ բերել թունավոր նյութերի թափանցում խողովակաշարի մեջ, որը զանգվածային թունավորման պատճառ կարող է հանդիսանալ (որպես օրինակ կարելի է բերել տեղի ունեցած մի քանի դեպք):

Եթե հաշվային ելքի թողարկման դեպքում խողովակաշարի սիֆոնային տեղամասում ավելցուկային ճնշումը բացասական է, ապա սիֆոնային տեղամասի ձախ և աջ կողմերում խողովակի վթարի (պատռում) հետևանքով սիֆոնային տեղամասում կարող է առաջանալ հեղուկի հոսանքի անընդհատության մասնակի խզում: Վերջինիս առաջացման պարագայում թողարկվող ելքը խիստ նվազում է կամ հավասարվում 0-ի:

Ջրմուղի մայրուղային խողովակաշարերի նախագծման գործընթացում ընդունված է դրանց սիֆոնային տեղամասերը կահավորել օդահան սարքերով: Շատ հա-

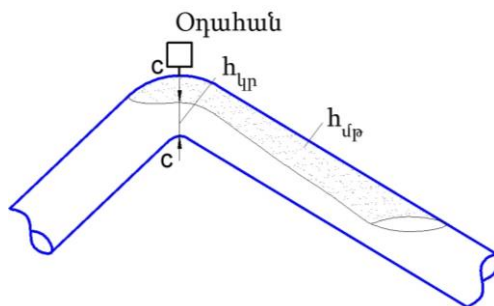
Ճախ դրանց տեղադրման հորերն անհրաժեշտ ջրամեկուսացում չունենալու պատճառով լցվում են աղտոտված ջրերով: Հորերում տեղադրված փականների կիպացման հանգույցների ոչ բավարար ձգվածության և այլ պատճառներով ջրատարի վթարի դեպքում սիֆոնային տեղամասում առաջացող վակուումի հետևանքով հորի աղտոտված ջուրը ներծծվում է ջրատարի խողովակի մեջ: Հարկ է նշել, որ թույլատրելի վակուումով աշխատող սիֆոնային տեղամասի վրա ընդհանրապես չի կարելի օդահան սարք տեղադրել, հանգամանք, որ հաճախ հաշվի չի առնվում: Բանն այն է, որ օդահան սարքի առկայության պարագայում մթնոլորտային օդն ազատորեն ներծծվում է խողովակի մեջ, որի հետևանքով վերջինիս մեջ գոյանում է օդային մեծ կուտակում: Օդային սույն կուտակման ազդեցությունն արտահայտվում է հաշվային ճնշման, հետևաբար՝ նաև ելքի նվազումով: Օրինակ, Կեչուտ-Զառիթափ-Հերիեր ինքնահոս ջրատարի գլխամասին մոտ տեղադրված օդահան սարքի պատճառով ճնշումն ընկել էր 45 ս՝ով:

Նկ. 1-ում բերված է թույլատրելի վակուումով աշխատող պարզ խողովակաշարի սիֆոնային տեղամասի սխեման:



Նկ. 1. Թույլատրելի վակուումով սիֆոնային տեղամասի սխեման

Օդահան սարքի առկայության պարագայում, $c - c$ կտրվածքում օդի ներթափանցման շնորհիվ, բացարձակ ճնշումը հավասարվում է գրեթե մթնոլորտայինին, որի հետևանքով թողարկվող ելքը պակասում է:



Նկ. 2. Օդահան սարքով կահավորված սիֆոնային տեղամասը

$c-c$ կտրվածքի աջ և ձախ կողմերում խողովակի որոշ երկարության վրա առաջանում է անճնշում շարժում: Այդ դեպքում խողովակաշարով թողարկվող ելքի մեծությունը կլինի՝

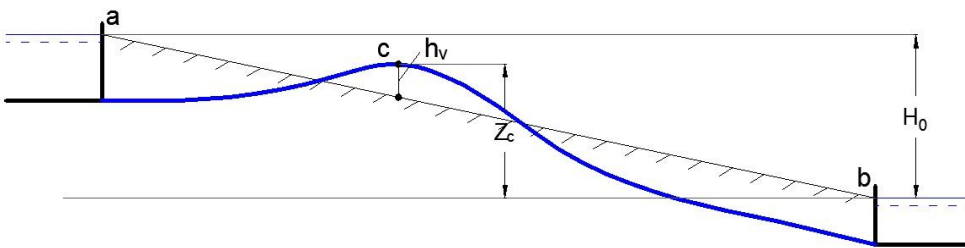
$$Q = \sqrt{\frac{H_0 - z_c}{S_1}},$$

որտեղ S_1 -ը գլխամասից մինչև $c-c$ կտրվածքը երկարության խողովակի հիդրավլիկական դիմադրությունն է: Անճնշում ու ճնշումային շարժումների անցման տեղամասում առաջանում է ազատ հիդրավլիկական թռիչքը, քանի որ դրա մակերևույթի վրա ճնշումը մթնոլորտային է [1, 2]: $c-c$ կտրվածքում հաստատվում է կրիտիկական խորություն, իսկ թռիչքի սկզբնական խորությունը որոշվում է որպես խողովակի տրամագծին հավասար խորության համալուծ:

Քննարկենք նկ. 2-ում պատկերված պարզ խողովակաշարի դեպքը, երբ ճնշումային շարժմանը համապատասխանող պիեզոմետրական գծի (ab) օրդինատը $c-c$ կտրվածքում ավելի մեծ է, քան կտրվածքի սահմանային նոսրացած ճնշումը, այսինքն՝ $h_c > h_{\text{VII}}$: Քանի որ $c-c$ կտրվածքում ճնշումը կարող է իջնել առավելագույնը h_{VII} չափով, ապա խողովակաշարի ac հատվածում պետք է հաստատվի մի ելք, որը կլինի՝

$$Q = \sqrt{\frac{H_0 - z_c - h_{\text{VII}}}{S_1}},$$

որտեղ S_1 -ը խողովակաշարի ac հատվածի հիդրավլիկական դիմադրությունն է, z_c -ն՝ $c-c$ կտրվածքի բարձրությունը ստորին ավազանի ջրի մակարդակից:



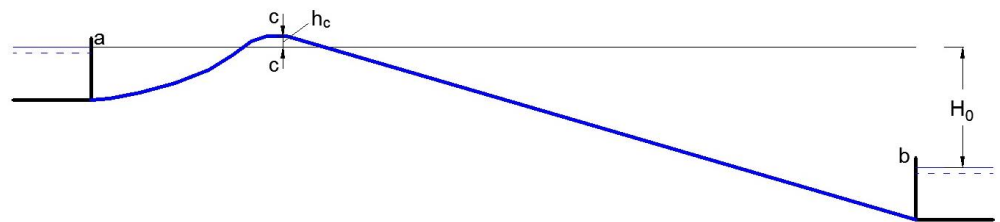
Նկ. 3. Պարզ խողովակաշարի սխեման

Համակարգում հաստատվող հիդրավլիկական ռեժիմի վրա իր ազդեցությունն ունի խողովակաշարի cb հատվածը (նկ. 3): Ակնհայտ է, որ այդ հատվածում ճնշումային շարժում հնարավոր չէ, քանի որ ac հատվածը չի ապահովում անհրաժեշտ մեծությամբ ելք: Հետևաբար, cb հատվածի ելքը պետք է լինի այնքան, որքան ab -ինը:

Այստեղից հետևում է, որ խողովակաշարի CB հատվածի որոշ երկարության վրա կառաջանա խողովակի մասնակի լցվածությամբ ոչ ազատ շարժում: Հեղուկի մակերևույթի վրա ավելցուկային ճնշումն ամենուրեք կլինի սահմանային՝ h_{VT} , իսկ մակերևույթից վերև կլինեն հեղուկի գոլորշիներ և հոսանքի կողմից գլխամասից բերված ու հեղուկի մեջ լուծված և նրանից անջատված օդ:

Նկատենք, որ եթե խողովակաշարի ստորին ծայրը բաց լինի, ապա օդն ազատորեն մուտք կգործի խողովակի մեջ, և CB հատվածի ողջ երկարության վրա կառաջանա ոչ ճնշումային շարժում, ու համակարգի ելքն ավելի կփոքրանա:

Քննարկենք նաև պարզ խողովակաշարում առաջացող հիդրավիկական ռեժիմը, երբ սիֆոնային տեղամասի կոկորդային կտրվածքը բարձր է վերևի ավազանի ջրի մակարդակից, ինչպես պատկերված է նկ. 4-ում:



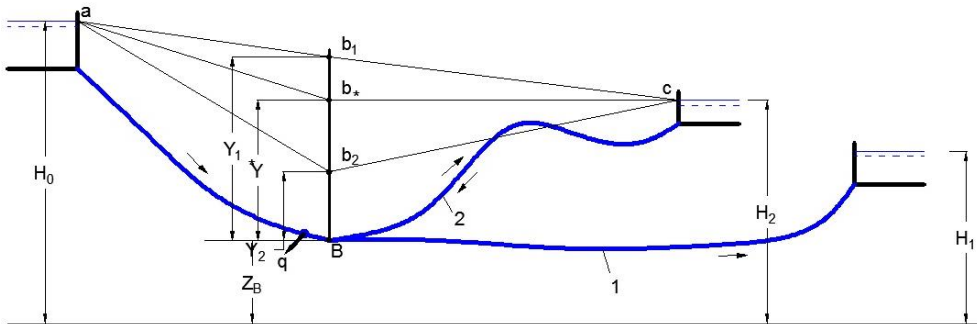
Նկ. 4. Սիֆոնային տեղամասով պարզ խողովակաշարի սխեման

Որպեսզի սույն համակարգում հաստատվի ճնշումային շարժում, անհրաժեշտ է, որ ab պիեզոմետրական գիծը ցածր լինի $c-c$ կտրվածքից առավելագույնը վակուումի սահմանային մեծության՝ $h_c \leq h_{VT}$ չափից: Հետևաբար, համակարգի առավելագույն թողարկվող ելքը կլինի՝

$$Q_{\max} = \sqrt{\frac{H_0}{S}} :$$

Սույն ելքի թողարկման պայմաններում հիդրավիկական ռեժիմն անկայուն է, որովհետև ցանկացած գրգիռ կարող է առաջացնել հոսանքի անընդհատության խզում: Հետևաբար, նման կողատեսքով ջրատարը պետք է գործարկել $Q_{\max}$ -ից պակաս ելքով: Պետք է նկատի ունենալ նաև հեղուկի ջերմաստիճանից կախված $Q_{\max}$ -ի մեծության փոփոխության վարքը, քանի որ ջերմաստիճանի բարձրացումն ուղեկցվում է h_{Vn} -ի մեծացմամբ, հետևաբար՝ $Q_{\max}$ -ի նվազմամբ: Նշենք նաև, որ քննարկվող դեպքում սիֆոնային տեղամասը չի կարելի կահավորել օդահան սարքով [3]:

Այժմ քննարկենք բարդ խողովակաշարի դեպքը: Նկ.5-ում պատկերված է գրավիտացիոն խողովակաշար՝ երկու ճյուղով, որոնց ծայրակետերը տեղադրված են H_1 և H_2 բարձրությունների վրա:



Նկ. 5. Բարդ խողովակաշարի սխեման

Հիդրավլիկական հաստատված ռեժիմի դեպքում խողովակաշարի ճյուղերում հաստատվող ելքերը որոշվում են հավասարումների հետևյալ համակարգից [2]՝

$$H_0 - (y + z_B) = S_0 Q_0^2,$$

$$y + z_B - H_1 = S_1 Q_1^2,$$

$$/ y + z_B - H_2 / = S_2 Q_2^2,$$

$$Q_0 = Q_1 + Q_2,$$

որտեղ y -ը ճյուղավորման կտրվածքի ճնշումն է, S -երը՝ համապատասխան խողովակների հիդրավլիկական դիմադրությունները: Համակարգի 3-րդ հավասարման բացարձակ արժեքի նշանը ցույց է տալիս Q_2 ելքի նշանափոխ լինելը:

Ընդունենք, որ B կտրվածքի մոտակայքում առաջացել է վթար, որի հետևանքով գոյացել է q ելքով արտահոսք: Այս պայմաններում հիդրավլիկական համակարգում կհաստատվի հիդրավլիկական նոր ռեժիմ՝ համապատասխանաբար Q_{01}, Q_{11}, Q_{21} և y_1 պարամետրերով: Ակնհայտ է, որ արտահոսքի պարագայում ճյուղավորման կետի ճնշումը փոքրանում է, այսինքն՝ $y_1 < y$, հետևաբար՝ $Q_{01} > Q_0$, $Q_{11} < Q_1$, իսկ Q_{21} -ը, կախված q -ի մեծությունից, կարող է լինել՝ $Q_{21} < Q_2$, կամ $Q_{21} \leq 0$:

Հաստատվող նոր ռեժիմի հիդրավլիկական պարամետրերը որոշվում են հավասարումների հետևյալ համակարգից՝

$$H_0 - (y_1 + z_B) = S_{01} Q_{01}^2,$$

$$y_1 + z_B - H_1 = S_1 Q_{11}^2,$$

$$/y_1 + z_B - H_2 / = S_2 Q_{21}^2,$$

$$Q_{01} = Q_{11} + Q_{21} + q:$$

Հավասարումների սույն համակարգի միջոցով որոշվում են անհայտ մեծությունները q ելքի զանազան արժեքների համար:

Որոշենք արտահոսող ելքի այն մեծությունը՝ q_* , որի դեպքում 2 խողովակում շարժումը դադարում է, այսինքն՝ $Q_{21} = 0$: Համակարգի 3-րդ հավասարումից հետևում է, որ $y_1 + z_B = H_2$: Այդ դեպքում հավասարումների համակարգը ներկայացվում է հետևյալ կերպ՝

$$H_0 - H_2 = S_0 Q_{01}^2,$$

$$H_2 - H_1 = S_1 Q_{11}^2,$$

$$q_* = Q_{01} - Q_{11},$$

և անհայտ մեծությունները միանգամից որոշվում են համապատասխան հավասարումներից:

Արտահոսող ելքի $q > q_*$ արժեքների դեպքում 2 խողովակում առաջանում է հակառակ ուղղությամբ շարժում: Եթե 2 խողովակը կահավորված է օդահան սարքերով, ապա այդ սարքերի տեղադրման հորերից հնարավոր է աղտոտված հեղուկ զանգվածի ներթափանցում խողովակաշարի մեջ: Որպեսզի կանխվի սույն գործընթացը, անհրաժեշտ է ստորին ավազանի մուտքի փականի դրոսեւացում դեպի փակումը այն հաշվով, որ 2 խողովակի ողջ երկարության վրա պահպանվի ավելցուկային դրական ճնշում:

Եզրակացություն: Գրավիտացիոն ջրատարներում հաստատվող հիդրավլիկական ռեժիմների ուսումնասիրությունը կարևոր գործնական նշանակություն ունի: Փոքր ՀԷԿ-երի նախագծման ժամանակ նույնպես պետք է նկատի ունենալ, որ եթե տուրբինային ջրատարի գլխամասին հարող հատվածն ունի փոքր թեքություն, որին հաջորդում է մեծ թեքությամբ տեղամաս, ապա ագրեգատի ելքի կարգավորման գործընթացում հնարավոր է ճնշման անկում, հետևաբար՝ նաև հզորության մասնակի կորուստ: Ուրեմն անհրաժեշտ է նման պարագայում ագրեգատը հանել գործարկումից, խողովակաշարից հեռացնել ներթափանցած օդն ու սահմանափակել թողարկվող ելքի մեծության վերնի սահմանը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Հովսեփյան Վ.Մ.** Հիդրավիլիկա.- Երևան: Լույս, 1973. - 467 էջ:
2. **Дикаревский В.С., Краснянский И.И.** Напорные водоводы железнодорожного водоснабжения.- М.: Транспорт, 1978.- 360 с.
3. **Մարգարյան Ա.Յա.** Հիդրավիլիկական հարված և խողովակաշարերի պաշտպանություն. - Երևան, 2010.- 291 էջ:

ՀՀՇԱՀ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 20.02.2014:

Ա.Я. МАРГАРЯН, О.В. ТОКМАДЖЯН, Л.А. ДАШТОЯН

ВЛИЯНИЕ АВАРИЙ ТРУБОПРОВОДОВ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ЯВЛЕНИЯ

Обсуждаются возникающие в простых и сложных гравитационных трубопроводах гидравлические режимы, зависящие от профиля их трассировки. Установленные в сифонных участках воздуховыводящие устройства при определенных гидравлических режимах способствуют проникновению воздуха или загрязненной смеси воды с воздухом в трубопровод, что вызывает падение давления и появление смешанных гидравлических прыжков. Переход от безнапорного режима к напорному сопровождается явлением гидравлического режима в случае аварии сложного трубопровода в зависимости от величины выхода утечки.

Ключевые слова: трубопровод, воздуховыводящее устройство, разрыв непрерывности потока, безнапорный и напорный режимы, гидравлический прыжок.

A.YA. MARGARYAN, H.V. TOKMAJYAN, L.A. DASHTOYAN

INFLUENCE OF PIPELINE FAILURES ON HYDRAULIC REGIMES AND THE ACCOMPANYING PHENOMENA

The hydraulic regimes occurring in simple and complex gravitational pipelines depending on their flow line profile are discussed. The air removing devices installed in the siphon sections of the pipeline, at certain hydraulic regimes, favour the penetration of air or contaminated water-air mixture into the pipeline causing a pressure drop and mixed hydraulic regimes. The transition from a nonhead regime to a head one is accompanied by the phenomenon of a hydraulic jump in case of a failure in a complex pipeline depending on the value of the outflow amount.

Keywords: pipeline, flow continuity break, air removing device, nonhead and head regimes, hydraulic jump.

А.Г. АКОПЯН

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЛОКУЛЯНТА ТИПА
МГ-211 ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

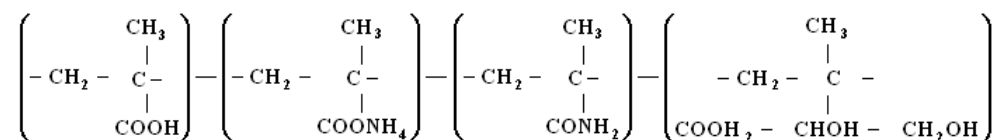
Предложен способ очистки сточных вод с использованием флокулянта МГ-211, который обеспечивает более высокий эффект осветления воды по сравнению с флокулянтом ПАА и позволяет снизить дозу сульфата алюминия в 2...2,5 раза.

Ключевые слова: флокулянт, реагент, коагулянт, амфотер.

Известно, что обработка воды минеральными коагулянтами далеко не всегда обеспечивает должный эффект очистки воды. В связи с этим проводятся изыскания и исследования флокулянтов, посредством которых необходимо активизировать процесс коагуляции. В настоящее время производится несколько сотен различных веществ, которые могут быть использованы в качестве флокулянтов.

В технологии улучшения качества воды наиболее широко используется анионный флокулянт ПАА [1]. Однако флокулянт ПАА имеет ряд недостатков: необходимость предварительной обработки воды коагулянтом, трудная растворимость, хранение при температуре не выше 20°C. Эти недостатки послужили причиной поисков новых, более эффективных флокулянтов.

Наряду с вышеуказанными флокулянтами широкое применение получили флокулянты катионного и амфотерного типов. При исследовании процессов очистки сточных вод отделочной фабрики хлопчатобумажного производства был использован амфотерный флокулянт МГ-211, который наиболее эффективен среди ему подобных. Полиэлектролит МГ-211 является продуктом полимеризации метакриловой кислоты в среде карбоксила аммония и глицерина и представляет собой сополимер со следующими звеньями:



Готовый продукт представляет собой сухой порошок светло-кремового цвета со 100% содержанием основного вещества. Характеристика флокулянта МГ-211 приведена в табл.1.

Было установлено, что высокомолекулярные флокулянты нельзя применять отдельно, без добавления минеральных коагулянтов. Исключение составляют

катионный флокулянт Седипур КА, полиэтиленмин (ПЭИ), ВА-2, ВА-102 и др.

Таблица 1

Характеристика флокулянта МГ-211

Ионный характер	Молекулярная масса, тыс. ед.	$\eta_{\text{пр}}$ (0,5%) (характер. вязкость)	$\chi \cdot 10^3$ (уд. электропроводимость)	рН
-	150...300	3,5	1,65	6,4

Выполнены две серии экспериментов: коагулирование флокулянта (МГ-211) без добавления минеральных коагулянтов и коагулирование при совместном использовании минеральных коагулянтов и МГ-211. Определение оптимальных доз флокулянта МГ-211 было установлено экспериментальным флокулированием при переменных дозах МГ-211. Исследования выполнены с использованием 0,05% раствора флокулянта. Результаты экспериментов показали, что применение одного флокулянта МГ-211 для очистки сточных вод отделочной фабрики практически не дает высокого эффекта очистки.

Следующая серия экспериментов выполнялась с целью определения эффективности очистки сточных вод при совместном использовании минеральных коагулянта и флокулянта МГ-211. В качестве минерального коагулянта использовали соли алюминия $Al_2(SO_4)_3$. Большое значение имеет интервал между добавлением коагулянта и флокулянта, оптимальное значение которого составляет 1...3 мин.

Учитывая отрицательный заряд поверхностей оксигидратов алюминия в слабощелочной среде рН, значение которого является оптимальным для проведения процессов адсорбции загрязнений, можно предположить, что полученный высокий эффект очистки сточных вод объясняется не только взаимодействием макромолекул полиэлектролита с поверхностью оксигидратов, но и дополнительным действием электростатических сил, обуславливающих, с одной стороны, притяжение отрицательно заряженных частиц оксигидратов и коллоидных загрязнений, с другой - положительно заряженных продуктов гидролиза МГ-211. Кроме того, преимущество совместного использования минеральных коагулянтов выражается несколькими показателями: резким снижением (в 2...2,5 раза) доз минеральных коагулянтов при дозе МГ-211 4,0 мг/л; более стабильным значением рН-среды; снижение рН происходит не более, чем на единицу, по сравнению со снижением рН на 2...3 единицы при использовании только минеральных коагулянтов.

На рис. 1 приведены кривые, показывающие удаление поверхностно-активных веществ (ПАВ) из сточных вод. Кривые показывают, что при использовании

МГ-211 анионоактивные ПАВ (АПАВ) удаляются на 37%, неионные ПАВ (НПАВ) – на 31%, а при использовании ПАА анионоактивные ПАВ удаляются на – 29%, неионные ПАВ - на 19% при дозе 7 мг/л. Проведено также сравнительное изучение МГ-211 с известным флокулянт ПАА (см. рис.1).

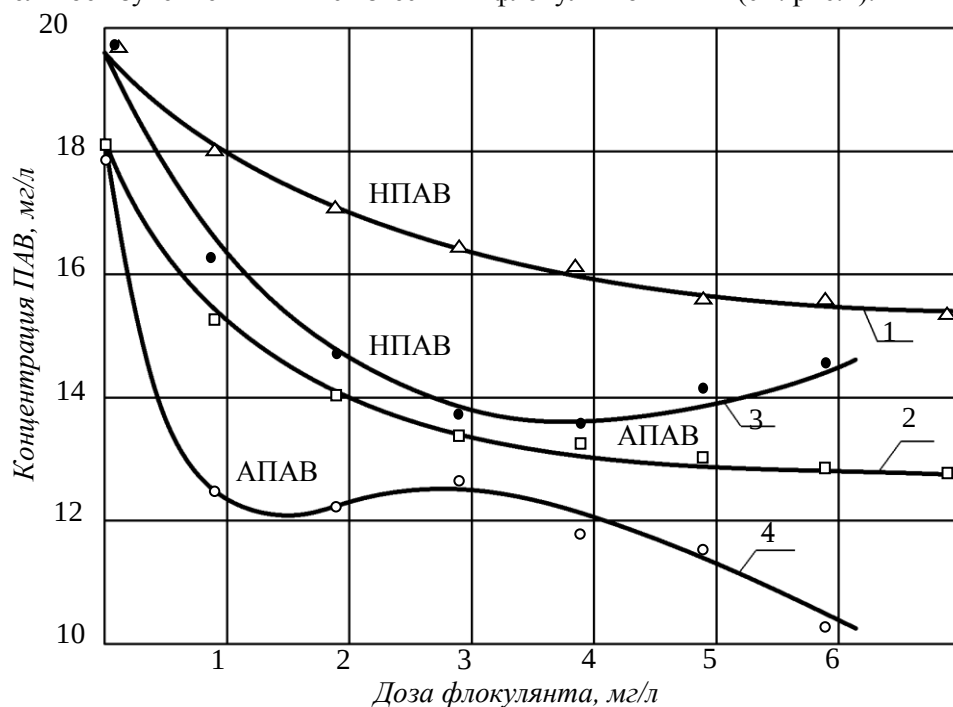


Рис. 1. График кинетики удаления ПАВ при совместном использовании минеральных коагулянтов и флокулянтов: 1,2 – при использовании ПАА, 3,4 – при использовании МГ-211

Сочетание сульфата алюминия с флокулянт ПАА приводит к укрупнению хлопьев и повышению их прочности. В этом случае оптимальные условия перемешивания становятся равными: $G=120 \text{ с}^{-1}$, $t=8...10 \text{ мин}$. Влияние продолжительности перемешивания более 10 мин незначительно: эффект осветления при этом практически одинаков. При использовании флокулянта МГ-211 совместно с сульфатом алюминия наилучший эффект осветления достигается при продолжительности перемешивания 5 мин и $G=70 \text{ с}^{-1}$.

Сравнительные результаты экспериментов показывают, что наибольшая степень очистки по всем показателям загрязнений достигается при дозе флокулянта МГ-211 4...5 мг/л и сульфата алюминия - 75 мг/л, при этом величина показателя химической потребности кислорода (ХПК) сточных вод снижается на 50...53%, интенсивность окраски - на 80...89%.

Последовательность ввода реагентов показана на схеме рис. 2.

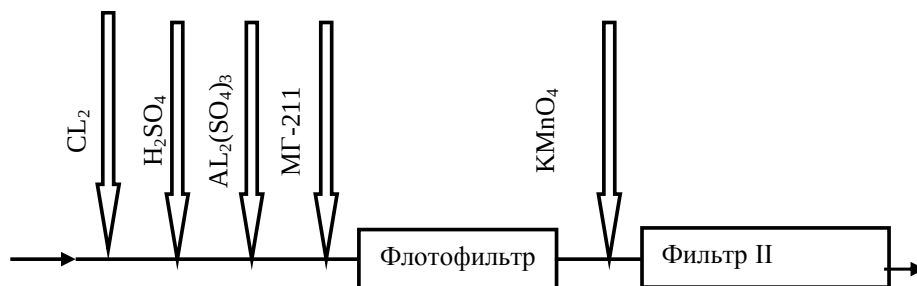


Рис. 2. Схема очистки

Сравнивая результаты этой серии экспериментов с результатами, полученными при коагуляции сточных вод без применения флокулянта, можно показать, что подобной степени очистки сточных вод можно достичь при дозах коагулянта 150...200 мг/л, что в 2,0...2,5 раза больше, чем при совместном использовании минеральных коагулянтов с флокулянтами при дозе МГ-211 4...5 мг/л. Кроме того, преимущество совместного использования минеральных коагулянтов с флокулянтами выражается также следующими показателями: более стабильное значение рН-среды; снижение рН происходит не более, чем на единицу; меньший объем осадка. Обработку воды коагулянтами необходимо проводить после предварительного хлорирования с дозой 45...85 мг/л. Доза сульфата алюминия - 75 мг/л, МГ-211 – 4...5 мг/л. Показатели очищенной воды представлены в табл. 2.

Исследована также зависимость эффекта очистки от концентрации водородных ионов при применении новых флокулянтов. Установлено, что действие флокулянта МГ-211 не зависит от рН исходной воды.

Таблица 2

Состав сточных вод хлопчатобумажного производства, выпускаемых в канализацию

Показатели	Общий сток	
	до очистки	после предварительной очистки
1	2	3
Температура, °C	23...28 25	18
Интенсивность окраски по разведению	1:100...1:1200 1:420	1:45...1:99 1:49,5
Взвешенные вещества, мг/л	100...480 280	21,0...74,0 31,2
Сухой остаток, мг/л	300...620 500	180...260 220
Зольность сухого остатка, %	30...55 38	40...51 44
ХПК, мг O ₂ /л	300...1350 800	93...221 241

Продолжение табл. 2

1	2	3
Биологическая потребность кислорода (БПК), мг O ₂ /л	<u>140...480</u> 360	<u>64...140</u> 119
рН	<u>7,1...11,2</u> 9,8	<u>5,1...8,3</u> 6,8
ПАВ, мг/л: неионогенные	<u>9,0...29,5</u> 23,0	<u>3,5...9,0</u> 6,16
анионоактивные	<u>12,6...33,0</u> 25,0	<u>4,1...7,3</u> 6,5
Сульфиды, мг/л	<u>5,4...48,2</u> 33,3	следы
Хлориды, мг/л	<u>2,1...14,2</u> 3,1	следы

Примечание. В числителе даны пределы колебаний за исследуемый период, а в знаменателе – средние значения. Сточные воды подвергаются усреднению и реагентной флотации [4 - 6].

Выводы

1. Для очистки сточных вод отделочных фабрик текстильной промышленности целесообразно использовать флокулянт МГ - 211 с дозой 4...5 мг/л, что обеспечивает эффект очистки на 15...17% больше, чем флокулянт ПАА.
2. Установлено, что применение одного лишь флокулянта МГ-211 не дает высокого эффекта очистки.
3. Действие флокулянта МГ-211 не зависит от рН исходной воды.
4. Применение флокулянта совместно с коагулянтом сульфата алюминия дает возможность сократить дозу последнего в 2,0...2,5 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Запольский А.К., Баран А.А.** Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение. - Л.: Химия, 1987. - 208 с.
2. **Герасимов Г.Н.** Процессы коагуляции флокуляции при обработке поверхностных вод // Водоснабжение и санитарная техника. - 2001.- № 3. - С. 26-31.
3. Флокуляция белок-липидных компонентов природными и синтетическими полимерами / **Н.В. Степанова , И.Н. Коновалова** и др. // Вода и экология.- 2001.- № 1. - С. 34-39.
4. **Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д.** Методы очистки производственных сточных вод. - М.: Стройиздат, 1977. - 136 с.
5. **Алексеев Е.В.** Эффективность технологических схем флотационных установок для очистки сточных вод от ПАВ // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001.- №2. - С. 30-33.

6. Ласков Ю.М., Шамян В.Л. Процесс отстаивания сточных вод предприятий текстильной промышленности // Водоснабжение и санитарная техника. - 1998.- №2. - С. 8-10.

Гюмрийский филиал ГИУА (ПОЛИТЕХНИК). Материал поступил в редакцию 28.10.2013.

Հ.Հ. ՀԱՎՈՐՑԱՆ

ՏԵՔՍՏԻԼ ԱՐՏԱՂՈՒԹՅԱՆ ԿԵՂՏԱԶՐԵՐԻ ՍԱՔՐՄԱՆ ՀԱՄԱՐ MG-211 ՏԻՊԻ ՖԼՈԿՈՒԼՅԱՆՏԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆ

Առաջարկվել է M-211 ֆլոկուլյանտի օգտագործման միջոցով կեղտաջրերի մաքրման եղանակ, որը ՊԱԱ ֆլոկուլյանտի համեմատությամբ ապահովում է ջրի պարզեցման ավելի մեծ արդյունք և թույլ է տալիս նվազեցնել ալյումինի սուլֆատի չափաբաժինը 2...2,5 անգամ:

Առանցքային բառեր. ֆլոկուլյանտ, ռեագենտ, կոագուլյանտ, ամֆոտեր:

H.H. HAKOBYAN

INVESTIGATING THE RESULTS OF APPLYING A MG-211 TYPE FLOCCULANT FOR WASTEWATER PURIFICATION IN TEXTILE INDUSTRY

A method for purifying wastewater by using the flocculat MG-211 providing a higher clarification effect of water compared to the flocculant PAA, and allowing to decrease the dose of aluminum sulphate 2...2,5 times.

Keywords: flocculant, reagent, coagulant, amphoter.

ՀՏԴ 621.311

ՀԻՂԴԱՎԼԻԿԱ ԵՎ ՀԻՂԴՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ
ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐ

Ա.Ս. ՄԻՆԱՍՅԱՆ

ՃՆՇՈՒՄԱՅԻՆ ԽՈՂՈՎԱԿԱՇԱՐՈՎ ՀՈՍՈՂ ՋՐԻ ԵԼՔԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

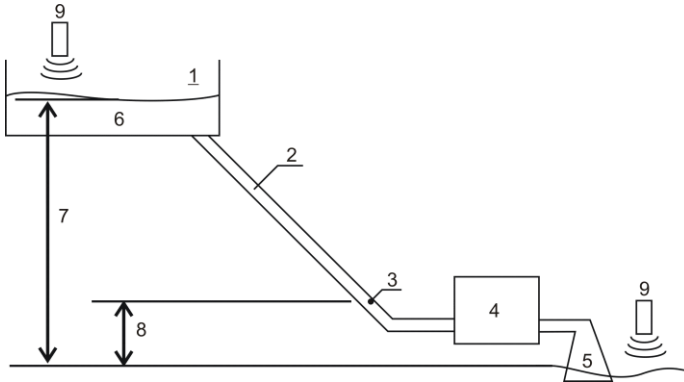
Առաջարկվող մեթոդը հիմնված է ֆիզիկական այն երևույթի վրա, որ ջուրը ճնշումային խողովակաշարով հոսելիս հաղթահարում է խողովակաշարի դիմադրությունը, որի ընթացքում ծախսում է էներգիա: Համաձայն մեթոդի՝ կատարվում է ջրի ծախսած էներգիայի չափում և այդ մեծության՝ ջրաքանակի վերածում: Ծախսված էներգիան չափվում է դինամիկ ճնշումը չափող էլեկտրոնային մանոմետրի միջոցով:

Առանցքային բառեր. ճնշումային խողովակաշար, հոսող ջրի ելքի հաշվարկ, Վենտուրայի ջրաչափ, ուլտրաձայնային մակարդակաչափ, ճնշման տվիչ:

Ներածություն: Կան ճնշումային խողովակաշարով հոսող ջրի ելքը (Չ) հաշվելու տարբեր եղանակներ: Օրինակ, դրանց մի մասը պահանջում է թանկարժեք սարքավորումներ (սարքավորման գինը տատանվում է 10,000 ... 20.000 EURO [1, 2])՝ օգտագործելով Դոպլերի էֆեկտը, մյուս մասը՝ լրացուցիչ խոչընդոտի ներածում խողովակաշարում (օրինակ՝ Վենտուրայի կամ դիաֆրագմային ջրաչափերը), որի պատճառով տեղի է ունենում մեխանիկական էներգիայի կորուստ [3]:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Մշակվել է խնդրի լուծման նոր մոտեցում՝ էժան և առանց լրացուցիչ խոչընդոտների օգտագործման: Մոտեցումը հիմնված է նույն ֆիզիկական երևույթի վրա, ինչպես Վենտուրայի կամ դիաֆրագմայի ջրաչափը, սակայն առանց լրացուցիչ խոչընդոտի ներմուծման:

Մաթեմատիկական ապարատ: Խողովակաշարը ջրի հոսքի համար հանդիսանում է բնական արգելք [4, 5]: Առաջարկվող ջրաչափի աշխատանքի հիմքում ընկած է հենց այդ բնական խոչընդոտի օգտագործումը, որը, անկախ ջրի չափման խնդրից, գոյություն ունի, և դրանից խուսափելն անհնար է: Մուտքային ջրավազանում տեղադրվում է մակարդակաչափ, որը միշտ չափում է ստատիկ ճնշումը (ժամանակի ընթացքում այն կարող է փոփոխվել): Բացի այդ, խողովակաշարի վերջում, կախված տեխնիկական պարամետրերից, հնարավոր է նաև սկզբնական հատվածներում, տեղադրվում է ճնշման տվիչ, որը միշտ չափում է դինամիկ ճնշումը (նկ . 1):



Նկ. 1. ՀԷԿ-ի սխեման.

1 - մուտքային ջրավազան, 2 - մուտքային խողովակաշար, 3 - ձնշման տվիչ H_m , 4 - տուրբին, 5 - դիֆուզոր, 6 - ջուր, 7 - H_s , 8 - H_o , 9 - մակարդակաչափ (H_s և H_o ն չափելու համար)

$$H_s = H_o + H_m + H_d + H_l, \quad (1)$$

որտեղ H_s -ը մուտքային և ելքային ջրավազաններում ջրի մակարդակների տարբերությունն է և չափվում է մակարդակաչափով, H_o -ն՝ մանոմետրի և ելքային ջրավազանում ջրի մակարդակների տարբերությունը, չափվում է մակարդակաչափով, H_m -ը՝ մանոմետրի ցուցմունքը, H_d -ը՝ ջրի արագությամբ պայմանավորված ստատիկ բարձրությունից նվազեցումը, հաշվարկային է, H_l -ը՝ խողովակաշարի դիմադրությամբ պայմանավորված ստատիկ բարձրությունից նվազեցումը, հաշվարկային է:

$$H_d = V^2/(2g), \quad V = Q/S, \quad H_d = Q^2/(2gS^2),$$

որտեղ Q -ն խողովակաշարով հոսող ջրաքանակն է, V -ն՝ ջրի արագությունը խողովակաշարում, S -ը՝ խողովակի լայնական հատույթի մակերեսը:

$$H_l = KQ^2,$$

որտեղ K -ն խողովակաշարի դիմադրությունն է և կոնկրետ խողովակաշարի համար հաստատուն թիվ է: Այն, մասնավորապես, կախված է խողովակի նյութի տիպից, երկարությունից, լայնական կտրվածքից:

(1) բանաձևն ընդունում է հետևյալ տեսքը՝

$$H_s = H_o + H_m + Q^2/(2gS^2) + KQ^2,$$

$$Q^2(K + 1/(2gS^2)) = H_s - H_o - H_m,$$

$$Q = \sqrt{\frac{H_s - H_o - H_m}{K + \frac{1}{2gS^2}}}, \quad (2)$$

որտեղ Q -ն խողովակաշարով հոսող ջրաքանակն է, H_s -ը չափվում է մակարդակաչափով, H₀ -ն՝ մակարդակաչափով, H_m -ը՝ մանոմետրով, K -ն խողովակաշարի դիմադրությունն է, որը կարելի է ստանալ փորձնական ճանապարհով, մեկ անգամ տվյալ խողովակաշարի համար չափելով հոսող ջրաքանակը և արդյունքը տեղադրելով (2) բանաձևում, g -ն՝ ազատ անկման արագացումը, S -ը՝ խողովակի լայնական հատույթի մակերեսը:

Հետազոտության արդյունքները: Խողովակաշարի բնական դիմադրությունն օգտագործելու դեպքում համակարգը հնարավորություն է տալիս ոչ անմիջական ճանապարհով չափել խողովակաշարով հոսող ջրի ելքը: Իրականում (2) բանաձևը կարելի է ավելի պարզեցնել, եթե H_s-H₀ -ի փոխարեն հաշվենք ճնշման տվիչից մինչև գլխամաս եղած բարձրությունը (այս մեթոդը նախընտրելի է, երբ տվիչը տեղադրվում է գլխամասին մոտիկ):

Տվիչների և արտադրական համակարգի կիրառումը: Որպես արտադրական համակարգիչ՝ օգտագործվում են National Instruments ընկերության cRIO պլատֆորմի cRIO-9025 [6] և cRIO-9113 [7] համախմբերը (նկ. 2): Արտադրական այս համակարգիչը բավարարում է հետևյալ տեխնիկական պարամետրերը՝ 800 *ՄՀ* պրոցեսոր, 4 *ԳԲ* ներքին հիշողություն, 512 *ՄԲ* DDR2 օպերատիվ հիշողություն, -40 ից +70 *°C* աշխատանքային ջերմաստիճան, Virtex-5 LX30 FPGA վերածրագրավորվող բանալիային մատրից, 4 մուտքի-ելքի մոդուլ տեղադրելու հնարավորություն:



Նկ. 2. Արտադրական համակարգիչ

Այսպիսի համակարգիչը հնարավորություն է տալիս իրականացնելու տվյալների ճշգրիտ հավաքագրում և հոսող ջրի ելքի հաշվարկ՝ մաթեմատիկական ապարատում նկարագրված բանաձևերի միջոցով: Ինչ վերաբերում է տվիչներին, ապա ամեն կոնկրետ ՀԷԿ -ի համար, ելնելով իր տեխնիկական բնութագրերից (ստատիկ ճնշում, առավելագույն ագրեգատների դեպքում՝ դինամիկ ճնշում, գլխամասում հոսանքի առկայություն և այլն) ընտրվում են ճնշման էլեկտրոնային տվիչները և ուլտրաձայնային էլեկտրոնային մակարդակաչափերը: Նախընտրելի է, որ տվիչների ելքային ազդանշանը լինի 4-20 *ՄԱ* կոմունիկացիոն լեզվի հիման վրա, որը հնարավորինս նվազեցնում է արտաքին էլեկտրամագնիսական դաշտի պատճառով առաջացող աղմուկների ազդեցությունը:

Շղրակացություն: Վերոնշյալ հայտնի բանաձևերի կիրառմամբ առաջարկվում է չափման մեթոդ՝ առանց կորուստների և մատչելի ծախսերով, արդիական բավա-

կանին ճշգրիտ տվյալների և արտադրական համակարգիչների կիրառմամբ: Դրանք թույլ են տալիս չափումը կատարել մի քանի տասնյակ լիտրի ճշտությամբ, որը բավարար է ՀԷԿ-երի և պոմպակայանների չափման խնդիրները լուծելու համար (սովորաբար մեկ ագրեգատի միջին հզորությունը լինում է 300լ, 500լ, 1000լ և ավելի):

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. <http://www.instrumart.com/products/24374/ge-panametrics-pt878-kit-for-12-to-12-pipes>,
2. http://www.asu33.ru/price/rashod_us.pdf
3. Սկաապ Օ., Մաքարյան Ա., Միչիկյան Գ. Պոմպերի շահագործում և պահպանում - Երևան, 2005, 108-րդ էջ:
4. Acheson, D. J. Elementary Fluid Dynamics, 1990, 397 p.
5. Batchelor, G. K. An Introduction to Fluid Dynamics, Cambridge University Press, Clarendon Press, 1967, 615 p.
6. <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/208044>
7. <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/206764>

ՀՊՃՀ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 07.10.2013:

А.С. МИНАСЯН

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДА ВОДЫ ПРИ ТЕЧЕНИИ В НАПОРНОМ ТРУБОПРОВОДЕ

Предлагаемый метод основан на том физическом явлении, что вода во время течения в трубопроводе преодолевает ее давление и при этом тратит энергию. Согласно методу, производится измерение количества затрачиваемой энергии и ее превращение в количество воды. Затрачиваемая энергия измеряется посредством электронного манометра, измеряющего динамическое давление.

Ключевые слова: напорный трубопровод, измерение количества текущей воды, водомер Вентури, ультразвуковой уровнемер, датчик давления.

A.S. MINASYAN

A METHOD FOR DETERMINING THE AMOUNT OF THE FLOWING WATER THROUGH A PRESSURE PIPELINE

The given method is based on the physical phenomenon that the water overcoming the pipeline resistance while flowing through it, consumes energy. The essence of the method is to measure the amount of the consumed energy and convert the obtained value into the quantity of water. The energy consumed is measured by an electronic manometer by which the dynamic pressure is measured.

Keywords: pressure pipeline, measurement of the flowing water, Venturi water meter, ultrasonic level gauge, pressure transducer.

ПОГОСЯН АЛЬБЕРТ КНЯЗЕВИЧ

22 февраля 2014г. ушел из жизни крупный ученый в области трибологии, материаловедения и машиноведения, основатель и председатель Армянского

Комитета по трибологии, член Всемирного Совета по трибологии (WTC), член-корреспондент Национальной Академии наук РА, доктор технических наук, профессор Погосян Альберт Князевич.



Погосян А.К. родился 17 августа 1940г. в г. Октемберян Армянской ССР в семье служащих. Окончив школу с золотой медалью, Погосян А.К. поступил на механико-машиностроительный факультет Ереванского политехнического института (ЕрПИ), учебу в котором успешно завершил в 1962г. и поступил в аспирантуру одного из передовых вузов страны – Московского технического училища им. Н. Баумана, положив начало своей научно-педагогической деятельности. Его научным руководителем был один из выдающихся ученых советской науки – профессор М.П. Александров. Молодой аспирант по совету руководителя решил посвятить себя исследованиям трения композиционных материалов, и приобретенный за годы учебы в аспирантуре научный потенциал позволил ему создать по собственной инициативе научно-исследовательскую группу молодых ученых в ЕрПИ, которые под его руководством начали работать над решением многочисленных научно-практических задач. С 1963г. он работал в Политехническом вначале в должности ассистента, затем – доцента и профессора. В 1969г. Погосян А.К. успешно защищает в Москве кандидатскую диссертацию, а в 1982г. – докторскую диссертацию. С 1981г. около 14 лет он руководил кафедрой “Детали машин”, а с 1994 по 2010гг. – заведовал аспирантским отделением Государственного инженерного университета Армении (ГИУА). В 2000г. был избран членом-корреспондентом НАН РА. В последние годы (2010-2014гг.) Альберт Князевич руководил проблемной лабораторией по трибологии ГИУА и являлся членом двух специализированных советов по машиноведению и материаловедению ВАК Республики Армения.

Погосян А.К. основал школу по трибологии в Армении. Большое прикладное значение имеют полученные им такие инженерные решения, как выявление но-

вых подходов по экспериментальной оценке расчетных методов и выбору материалов для тормозных устройств и подшипников скольжения; оценка механизма износа металлополимерных самосмазывающихся пар трения при высоких температурах; целенаправленное создание антифрикционных полимерных материалов, пластичных масел, смазок и присадок; комплексный анализ свойств с трибологической точки зрения армянских полезных ископаемых, а также выявление механизма их физико-химической модификации; анализ способов повышения технологической точности и устойчивости деталей машин и условия влияния наполнителей на стабилизацию технологических и эксплуатационных свойств.

В результате плодотворной работы А.К. Погосяну и его ученикам удалось благодаря новым научным подходам создать целую группу композиционных материалов фрикционного и антифрикционного назначения:

- безасбестовые органические фрикционные композиты под названием “бастенит” для тормозных колодок, где вместо асбеста были испытаны и предложены местный базальт, а также стекловолокно;
- антифрикционные подшипниковые самосмазывающиеся композиционные материалы под названием “сипан” с использованием предварительно прошедших специальную химическую обработку армянских наполнителей (травертин, бентонит, мрамор, туф);
- антифрикционные и антискачковые композиты под названием “наспан” для направляющих металлорежущих станков на основе высокомолекулярной эпоксидной смолы и различных наполнителей (молибден, графит, алюмоиосиликаты, медь);
- новые типы смазок, присадок и пластичных масел для узлов трения машин и приборов в условиях граничной смазки.

Профессор А.К. Погосян - известный ученый не только в своей стране, но и за ее пределами. Он прошел отличную научно-педагогическую школу в Кембриджском университете в лаборатории Кавендиша (Англия, 1972-1973), Мичиганском университете (США, 1978-1979), Имперском колледже Лондона (Англия, 1986), Афинском национальном техническом университете (Греция, 1995), Государственном университете Айовы (США, 2003). Участвовал в 15 международных симпозиумах и 47 научных конференциях, в том числе: на 1-ом симпозиуме армянских ученых (Лос Анджелес, 1989), 1-7 симпозиумах Евротриб (Дюссельдорф-77, Варшава-81, Лион-85, Хельсинки-89, Будапешт-91, Лондон-97, Вена-01), Износ материалов WOM (Сент Луис-77, Дирборн-79, Денвер-89, Сан-Франциско-93, Атланта-99, Нагасаки-00, Вашингтон-03) и др.; был также председателем секций на конференциях (Дирборн-79, Ташкент-85, Варна-91, Ереван-94, Ярославль-94, 97, 00 и 03, Лондон-97, Атланта-99, Ростов-03).

Профессор А.К. Погосян являлся научным консультантом одного доктора наук и руководителем 12 кандидатов наук. Его ученики работают не только в

ГИУА, но и в государственных структурах республики, занимая высокие должности.

Огромен список научных работ профессора А.К. Погосяна: 400 научных публикаций, 7 книг, 24 изобретения и 12 патентов, в том числе: монография “Трение и износ наполненных полимерных материалов” (Москва, 1977), соавторство в советско-американской книге “Трибология СССР и США” (Москва - Нью-Йорк), книги “Антифрикционные эпоксидные композиты в станкостроении” (Минск, 1992), “Основы трибологии” (Ереван - Афины, 1995) и армяно-русско-английский терминологический словарь к дисциплине “Основы расчета и проектирования машин”.

Ушел из жизни удивительный человек, умный и принципиальный, мудрый и правдивый, требовательный и трудолюбивый. Он навсегда останется в памяти близких, коллег и друзей.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ԱՂԲԱԼՅԱՆ Ս.Գ., ԵԶԱԿՅԱՆ Հ.Հ., ԲՈՅԱԶՅԱՆ Ս.Գ.

ՊՂԼՁԱՋՈՒԼԱԿԱՆ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԹԱՓՈՆԱԽԱՐԱՄՆԵՐԻՅ ԵՐԿԱԹԱՓՈՇՈՒ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ..... 3

ՄԻՆԱՍՅԱՆ Զ.Ա., ՄԿՈՅԱՆ Ռ.Ս., ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ Ա.Ս.

ԳՈՒԼՊԵՂԵՆԻ ՁԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ՏԵՎՈՂՈՒԹՅԱՆ ՍՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ
ԿԱՏԱՐԵԼԱԳՈՐԾՎԱԾ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔԻ ՎՐԱ..... 15

ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Գ.Ա.

ԲԱՐԴ ԷՆԵՐԳԱՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ ԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼ ՌԵԺԻՄՆԵՐԻ
ԸՆՏՐՈՒԹՅԱՆ ՄԵԹՈԴԸ..... 21

ՇԱՐՈՅԱՆ Խ.Գ., ԳԱԼՍՅԱՆ Ա.Գ., ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ Ռ.Պ.

ԳՐԱԴԱՐԱՆԱՅԻՆ ԳՈՐԾԱՌՈՒՅԹՆԵՐԻ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՄԱՆ <<ԷԼԳՐԱԴ_1>>
ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ՆԵՐԴՐՈՒՄԸ..... 29

ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ Օ.Հ., ԳՐԻԳՈՐՅԱՆՅ Վ.Պ., ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ Գ.Ա., ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ Ա.Ռ.

ԹՎԱՅԻՆ ՖՈՐՄԱԼ ՆԵՅՐՈՆՆԵՐԻ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ..... 39

ՄԻՄՈՆՅԱՆ Ռ.Ա., ԶԱՐԳԱՐՅԱՆ Դ.Գ., ՂՈՒԼՅԱՆ Ա.Գ., ՓԻՐՈՒՄՅԱՆ Հ.Ա.

ԳՅՈՒՂՄԹԵՐՔՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ 48

ԳՈՄՅՅԱՆ Հ.Ա., ՀՈՒՄԻԿՅԱՆ Հ.Դ.

ՇԱՐԺԱԿԱՆ ԿԱՊԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԲԶԶԱՅԻՆ ՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ ԿԱՊՈՒՂԻՆԵՐԻ ԹՎԻ
ԵՎ ԲԱԺԱՆՈՐԴՆԵՐԻ ՔԱՆԱԿԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ..... 56

ՄԻՄՈՆՅԱՆ Ս.Հ., ԱՍՍՏՐՅԱՆ Ա.Հ., ԱՍԼԱՆՅԱՆ Հ.Ա.

ԽԶՎՈՂ ՖՈՒՆԿՅՈՒՆՆԵՐՈՎ ԽՆԴԻՐՆԵՐՈՒՄ ԲԱԶՄԱԿԵՏ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ
ՁԵՎԱՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ՄԱՍԻՆ..... 63

ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ Լ.Գ.

ՕՊՏԻՄԱԼ ՎԱՐԿԱՅԻՆ ՊՈՐՏՖԵԼԻ ՁԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ԽՆԴԻՐԸ..... 73

ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ Լ.Զ.

ՖՈՏՈԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՎԱԾ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ SPVSYSTEM
ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ՄԻՋՈՑԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ 81

ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ Ա.ՅԱ., ԹՈՔՄԱԶՅԱՆ Հ.Վ., ԴԱՇՏՈՅԱՆ Լ.Ա.

ԽՈՂՈՎԱԿԱՇԱՐԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀԻԴՐԱՎԼԻԿԱԿԱՆ
ՌԵԺԻՄՆԵՐԻ ՎՐԱ ԵՎ ՈՒՂԵԿՑՈՂ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԸ..... 89

ՀԱԿՈԲՅԱՆ Հ.Հ.

ՏԵՔՍՏԻԼ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԿԵՂՏԱԶՐԵՐԻ ՄԱՔՐՄԱՆ ՀԱՄԱՐ MF-211 ՏԻՊԻ
ՖԼՈԿՈՒԼՅԱՆՏԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆ..... 96

ՄԻՆԱՍՅԱՆ Ա.Ս.

ՃՆՇՈՒՄԱՅԻՆ ԽՈՂՈՎԱԿԱՇԱՐՈՎ ՀՈՍՈՂ ՋՐԻ ԵԼՔԻ ՈՐՈՇՄԱՆ
ՄԵԹՈԴ..... 102

ԱԼԲԵՐՏ ԿՆՅԱԶԻ ՊՈՂՈՍՅԱՆ..... 106

СОДЕРЖАНИЕ

АГБАЛЯН С.Г., ЕЗАКЯН А.О., БОЯДЖЯН С.Г. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОГО ПОРОШКА ИЗ ШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	3
МИНАСЯН З.А., МКОЯН Р.С., КАРАПЕТЯН А.С. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ФОРМОВАНИЯ ЧУЛОЧНО- НОСОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКЕ	15
АРУТЮНЯН Г.А. МЕТОД ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ СТАНЦИЙ СЛОЖНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ.....	21
ШАРОЯН Х.Г., ГАЛСТЯН А.Г., ПЕТРОСЯН Р.П. РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ “ЭЛГРАД_1” ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ БИБЛИОТЕК	29
ПЕТРОСЯН О.А., ГРИГОРЯНЦ В.П., КАРАПЕТЯН Г.А., ГРИГОРЯН А.Р. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ФОРМАЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ	39
СИМОНЯН Р.А., ЗАРГАРЯН Д.Г., ГУЛЯН А.Г., ПИРУМЯН Г.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АГРОПРОДУКТОВ.....	48
ГОМЦЯН О.А. , УСИКЯН О.Д. АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВА АБОНЕНТОВ И ЧИСЛА КАНАЛОВ СОТОВЫХ ЗОН ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ.....	56
СИМОНЯН С.О., АСАТРЯН А.Г., АСЛАНЯН Г.А. О ПРИМЕНЕНИИ МНОГОТОЧЕЧНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ЗАДАЧАХ С РАЗРЫВНЫМИ ФУНКЦИЯМИ.....	63
АВЕТИСЯН Л.Г. ЗАДАЧА ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО КРЕДИТНОГО ПОРТФЕЛЯ	73
ВАРДАНИЯН Л.ДЖ. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА SPVSYSTEM ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	81
МАРГАРЯН А.А., ТОКМАДЖЯН О.В., ДАШТОЯН Л.А. ВЛИЯНИЕ АВАРИЙ ТРУБОПРОВОДОВ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ЯВЛЕНИЯ	89
АКОПЯН А.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЛОКУЛЯНТА ТИПА МГ-211 ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	96
МИНАСЯН А. С. МЕТОД ОПЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДА ТЕКУЩЕЙ ВОДЫ В НАПОРНОМ ТРУБОПРОВОДЕ.....	102
ПОГОСЯН АЛЬБЕРТ КНЯЗЕВИЧ	106

CONTENTS

AGHBALYAN S.G., EZAKYAN H.H., BOYAJYAN S.G. DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR OBTAINING IRON POWDER FROM SLAG WASTES OF COPPER SMELTING PRODUCTION	3
MINASYAN Z.A., MKOYAN R.S., KARAPETYAN A.S. MODELING THE DURATION OF HOSIERY FORMING ON A MODERNIZED INSTALLATION	15
HARUTYUNYAN G.A. A METHOD FOR SELECTING OPTIMUM MODES OF PLANTS OF A COMPLEX POWER SYSTEM.....	21
SHAROYAN KH.G., GALSTYAN A.G., PETROSYAN R.P. DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE "ELGRAD_1" SYSTEM FOR AUTOMATING THE LIBRARY FUNCTIONS	29
PETROSYAN O.H., GRIGORYANTS V.P., KARAPETYAN G.A., GRIGORYAN A.R. DEVELOPING AND INVESTIGATING A METHOD FOR DIGITAL FORMAL NEURON DESIGN	39
SIMONYAN R.A., ZARGARYAN D.G., GHULYAN A.G., PIRUMYAN H.A. DETERMINING THE PHYSICAL PARAMETERS OF AGRICULTURAL PRODUCTS	48
GOMTSYAN H.A., HUSIKYAN H.D. ANALYZING THE QUANTITY OF CHANNELS AND THE NUMBER OF SUBSCRIBERS IN MOBILE CELLS OF A MOBILE COMMUNICATION SYSTEM ...	56
SIMONYAN S.H., ASATRYAN A.H., ASLANYAN H.A. ON APPLICATION OF MULTIPOINT DIFFERENTIAL TRANSFORMATIONS IN THE PROBLEMS WITH DISCONTINUOUS FUNCTIONS.....	63
AVETISYAN L.G. THE TASK OF FORMING AN OPTIMUM CREDIT PORTFOLIO.....	73
VARDANYAN L.J. DEVELOPING A SPVSYSTEM COMPUTER PROGRAM FOR AUTOMATED DESIGN OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS.....	81
MARGARYAN A.YA., TOKMAJYAN H.V., DASHTOYAN L.A. INFLUENCE OF PIPELINE FAILURES ON HYDRAULIC REGIMES AND THE ACCOMPANYING PHENOMENA.....	89
HAKOBYAN H.H. INVESTIGATING THE RESULTS OF APPLYING A MG-211 FLOCCULANT FOR WASTEWATER PURIFICATION IN TEXTILE INDUSTRY	96
MINASYAN A. S. A METHOD FOR DETERMINING THE AMOUNT OF THE FLOWING WATER THROUGH A PREASURE PIPELINE.....	102
ALBERT K. POGHOSYAN	106