

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

ԽՍՐԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԳԻԱ

Ռ.Ս. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ (գլխավոր խմբագիր), Զ.Ա. ԹԵՐԶՅԱՆ (գլխ. խմբ. տեղակալ),
Զ.Կ. ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ (պատասխանատու քարտուղար), Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Ռ.Վ. ԱՌՈՅԱՆ,
Վ.Վ. ԲՈՒՆԻԱՏՅԱՆ, Ա.Խ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ժ.Դ. ԴԱՎԻԴՅԱՆ, Ս.Պ. ԴԱՎԹՅԱՆ,
Ս.Ս. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Ռ.Զ. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ, 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 (Secretary - in - Chief), 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.Յ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

Հ.Զ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

© Издательство ГИУА

Известия НАН и ГИУ Армении (сер. техн. наук), 2013

Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Ա.Հ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ, Ս.Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

ՑԱՕՐ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆՆԵՐՈՒՄ ԿԱՊԱՐԻ ՄՈԼԻԲԴԱՏԻ ՄՈՆՈԲՑՈՒՐԵՂԻ ԱՃԵՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ՄԻԼԻԿԱԺԵԼԻ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ

Մոլիբդենիտային խտանյութերի վերամշակմամբ ստացված ամոնիումի մոլիբդատի և կապարի ացետատի լուծույթներից մշակվել է կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղի ստացման նոր տեխնոլոգիա: Մինթեզված արգասիքի ռենտգենաֆազային և քիմիական վերլուծության արդյունքների հիման վրա հիմնավորվել են գործընթացի լավարկված տեխնոլոգիական ռեժիմները:

Առանցքային բառեր. մոլիբդենիտային խտանյութ, կապարի մոլիբդատ, մոնոբյուրեղ, սիլիկատել, դիսլուկացիա, ներխառնուկներ, օքսիդ:

Հայաստանի Հանրապետության ընդերքը, ի թիվս մի շարք կարևոր օգտակար հանածոների, հարուստ է նաև մոլիբդենի պաշարներով: Հանրապետության հանքահարստացուցիչ ձեռնարկությունները տարեկան արտադրում են մոտավորապես 11000 տ մոլիբդենիտային խտանյութեր, որոնց համալիր վերամշակումը և դրա հիման վրա բարձր հատկություններով օժտված կոմպոզիցիոն և մաքուր նյութերի արտադրությունը հանդիսանում է հանրապետության արդյունաբերության զարգացման կարևոր ուղղություններից մեկը:

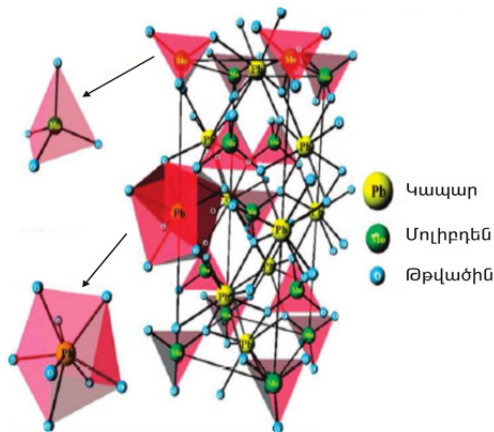
Մոլիբդենի արժեքավոր միացություններից է կապարի մոլիբդատը, որը բնության մեջ հանդիպում է օքսիդացած կապարային հանքանյութերում քիչ տարածված վոլֆենիտ (PbMoO_4) միներալի տեսքով: Վոլֆենիտի վերամշակումը բավականաչափ դժվար է, բացի այդ Հայաստանի տարածքում մոլիբդենի ամենատարածված միներալը մոլիբդենիտն (MoS_2) է, որի վերամշակմամբ նախատեսվում է ստանալ կապարի մոլիբդատի բյուրեղներ:

Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղը, շնորհիվ իր բարձր օպտիկական և ֆիզիկական հատկությունների, մեծ պահանջարկ ունեցող նյութ է հատուկ տեխնիկայում, հատկապես ակուստաօպտիկական մոդուլյատորներում, դեֆլեկտորներում, իոնային հաղորդիչներում, միջուկային ու լազերային սարքերում և այլուր:

Ներկայումս առավել տարածված են բարձր ջերմաստիճաններում հեղուկ մետաղից (1373 K) կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղների աճեցման Չոխրալսկու և Բրիջմանի եղանակները [1,2]: Մակայն աճեցված մոնոբյուրեղները հաճախ ունենում են դեղին գունավորում, որը սահմանափակում է այս նյութի կիրառումն օպտիկական սարքերում: Մոնոբյուրեղների գունավորումը, արատները և անհամասեռությունը հիմնականում պայմանավորված են տարբեր ներխառնուկներով, ինչպիսիք

են՝ կոբալտը, նիկելը, քրոմը, երկաթը, մանգանը, որոնք բյուրեղի կառուցվածքում կարող են առաջացնել նաև արատներ՝ դիսլոկացիաների տեսքով: Նշված եղանակների դեպքում հարկավոր է ճշգրիտ ընտրել բյուրեղացման ռեժիմները, քանի որ բյուրեղացման մեծ արագությունը կարող է պատճառ դառնալ բյուրեղում ճաքերի առաջացման, մյուս կողմից՝ բյուրեղացման մեծ տևողությունը բարձր ջերմաստիճաններում առաջացնում է բաղադրիչ օքսիդների (MoO_3 -ի և PbO -ի) գոլորշիացում [3]: Բրիջմանի եղանակի դեպքում, երբ բարձր ջերմաստիճաններում բյուրեղանում է տիգելում լցված հալույթի ամբողջ զանգվածը, առաձգական փոխազդեցության հետևանքով առաջանում են լարվածություններ, որի վերացման համար հարկավոր է իրականացնել լրացուցիչ ջերմային մշակում (թրծում 1173 K ջերմաստիճանում և $20\text{ }^\circ\text{C}$ տևողությամբ), ինչի պատճառով բյուրեղը հաճախ գունավորվում է:

Կապարի մոլիբդատը բյուրեղանում է շեելիտի կառուցվածքով և ունի տետրագոնալ կառուցվածք: Նկ. 1-ում ցույց է տրված կապարի մոլիբդատի տարրական բջջի ընդհանուր տեսքը: Ցանցի պարամետրերն են՝ $a=0,5432\text{ նմ}$, $c=1,2107\text{ նմ}$, $z=0,4\text{ նմ}$:



Նկ. 1. Կապարի մոլիբդատի տարրական բջջի ընդհանուր տեսքը

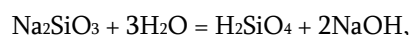
Հայտնի է նաև, որ շեելիտանման կառուցվածքով միացությունները կարող են ունենալ վականսիոն աղավաղում՝ ստեխիոմետրական բաղադրության խախտման պատճառով (բարձր ջերմաստիճաններում բաղադրիչ օքսիդների գոլորշիացման հետ կապված):

Ելնելով վերոհիշյալից, աշխատանքի նպատակն է մշակել ցածրջերմաստիճանային պայմաններում՝ սիլիկաժելի միջավայրում, կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղի աճեցման նոր տեխնոլոգիա:

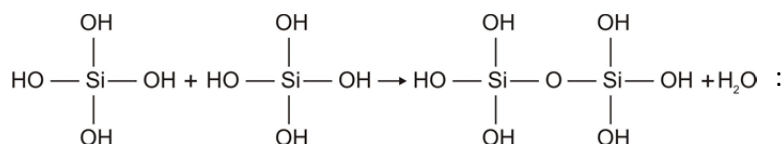
Նշված նպատակին հասնելու համար, որպես ելանյութ, օգտագործվել են բարձր մաքրությամբ կապարի ացետատ և տեղական մոլիբդենիտային խտանյութի վերամշակմամբ ստացված ամոնիումի մոլիբդատ [4]:

Սիլիկաթելի միջավայրում բյուրեղները ձևավորվում են դիֆուզիոն ճանապարհով՝ սնուցող լուծույթներից: Այս եղանակով հնարավոր է աճեցնել բաղադրությամբ և կառուցվածքով բարդ, դժվարահալ միացությունների բյուրեղներ, ինչպիսիք են՝ ցելոլիթը, սուրմայի սուլֆոդոլիտը, գալենիտը, սֆալերիտը, շեելիտը: Բյուրեղացման գործընթացում նույնիսկ կարելի է իրականացնել բյուրեղի լեզիրում: Այս եղանակի դեպքում օգտագործված սարքավորումները բավականաչափ պարզ են, և հնարավոր է հետևել բյուրեղի ձևավորման գործընթացին:

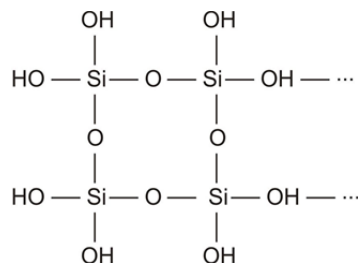
Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղի աճեցման համար նախընտրելի միջավայր է սիլիկաթելը: Նատրիումի մետասիլիկատը ջրի հետ առաջացնում է օրթոսիլիկատային թթու.



ինչը կարող է ենթարկվել պոլիմերացման ջրի անջատմամբ.



Այս գործընթացը կարող է կրկնվել բազմաթիվ անգամ, քանի դեռ չի առաջացել Si-O եռաչափ կապ, ինչպես սիլիցիումի երկօքսիդում.



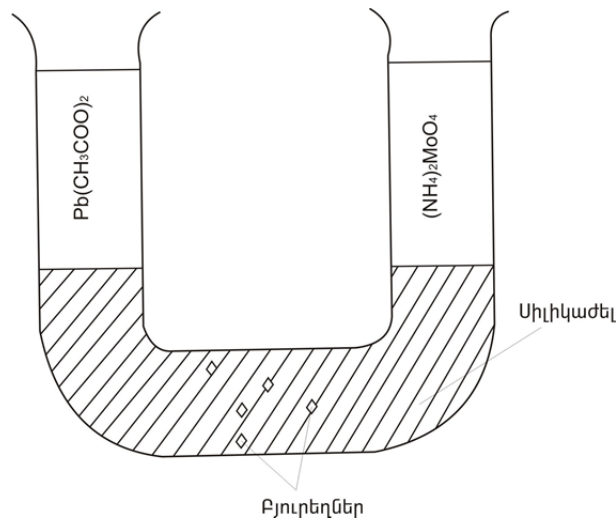
Պոլիմերացման հետևանքով սիլիկաթելի մակերևույթին հավաքվում է ջուր: Այս երևույթը կոչվում է սիներեզիս: Սիլիկաթելը ներկայացնում է ոչ միայն եռաչափ սիլիկատային կարկաս, այլ իրականում կազմված է տարբեր մակերևույթային անհարթություններով և ծակոտկենությամբ շերտավոր տարրերից՝ առաջացնելով փոխկապված բջիջներ: Խիտ սիլիկաթելի դեպքում պատերում անցքերի տրամագիծը տատանվում է 0,1...0,5 *մկմ* և նաև կարող է լինել փոքր 0,1 *մկմ*-ից, իսկ ավելի փոքր խտությամբ սիլիկաթելում՝ 0,1...4 *մկմ*: Հաճախ սիլիկաթելի մեծ խտությունը խոչընդոտում է բյուրեղացման կենտրոնների առաջացմանը և սնուցող լուծույթի դիֆուզիային մի բջիջ դեպի մյուսը՝ կապված անցքերի փոքրացման հետ: Որքան խիտ է սիլիկաթելը, այնքան ցածր է աճեցված բյուրեղների որակը, մյուս կողմից՝ ցածր

խտությամբ սիլիկաժելում բյուրեղներն աճում են շատ դանդաղ, և բացի այդ նման սիլիկաժելներն անկայուն են: 1,02 գ/սմ³-ից ցածր խտությամբ սիլիկաժելում անհնար է դառնում բյուրեղացման գործընթացի իրականացումը:

Այսպիսով, սիլիկաժելի կառուցվածքը մեծ ազդեցություն ունի բյուրեղի աճեցման գործընթացի, ինչպես նաև բյուրեղացման արագության և աճեցված բյուրեղի չափերի վրա:

Երկկողմանի դիֆուզիա ապահովելու նպատակով կապարի մոլիբդատի բյուրեղների աճն իրականացվել է Ս-աձև հաղորդակից անոթում (նկ. 2):

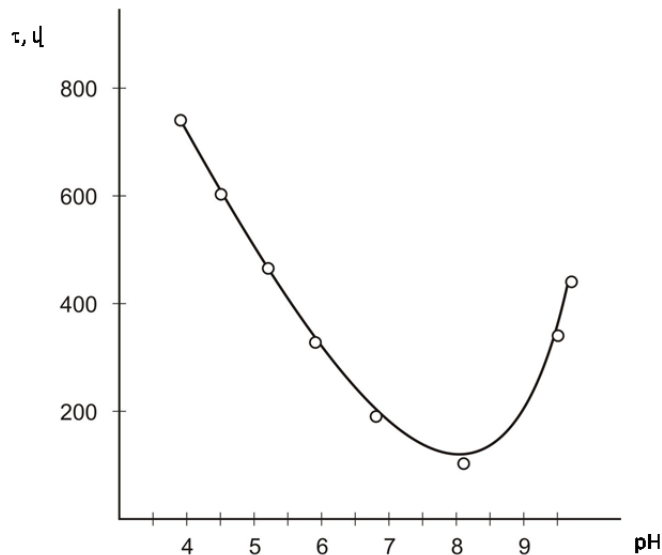
Աճեցված բյուրեղների չափերը խիստ կապված են նաև փորձանոթի չափերից և տրամագծից:



Նկ. 2. Սիլիկաժելի միջավայրում կապարի մոլիբդատի բյուրեղացման համար օգտագործվող անոթ

Սիլիկաժելի ստացման համար բարձր մաքրությամբ նատրիումի մետասիլիկատից ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) պատրաստվել է 1,063 գ/սմ³ խտությամբ հիդրոժել: Այնուհետև այն կաթիլներով և անընդհատ խառնելով ավելացվել է քաղցրահամ (4M) այնպես, որ սիլիկաժելի խտությունը կազմի 1,04 գ/սմ³: Սիլիկաժելի pH-ի արժեքը ընտրվել է 5, քանի որ այդ արժեքի դեպքում սիլիկաժելի կառուցվածքը ավելի հստակ է: Համասեռ սիլիկաժել ստանալու համար լուծույթը պահվել է 24 ժ, ստացված սիլիկաժելի կայունացման նպատակով այն պահվել է ևս 24 ժ:

Կարևոր է նաև նշել, որ սիլիկաժելի ձևավորման ժամանակահատվածը խիստ կապված է ջերմաստիճանից և լուծույթի pH-ից: Նկ. 3-ում բերված է սիլիկաժելի ձևավորման ժամանակահատվածի կախվածությունը լուծույթի pH-ից: Ինչպես երևում է նկարից, pH≈8 արժեքի դեպքում սիլիկաժելն առաջանում է շատ արագ՝ կարճ ժամանակում:



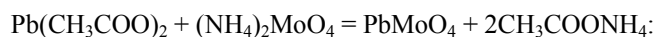
Նկ. 3. Սիլիկատելի ձևավորման ժամանակահատվածի կախվածությունը լուծույթի pH-ից 300 K ջերմաստիճանում

Սիլիկատելը հարկավոր է հնարավորինս պաշտպանել մթնոլորտի հետ շփումից՝ ածխաթթու գազի կլանումից խուսափելու համար:

Բյուրեղացումն իրականացվել է 300 K ջերմաստիճանային պայմաններում:

Ս-աձև անոթի երկու կողմերում՝ սիլիկատելի վերին մասում, ավելացվել են թույլ կոնցենտրացիայի կապարի ագետատի և ամոնիումի մոլիբդատի լուծույթներ, որոնց փոխազդման շնորհիվ սիլիկատելի միջավայրում 6 օր հետո ձևավորվել են կապարի մոլիբդատի բյուրեղացման կենտրոններ:

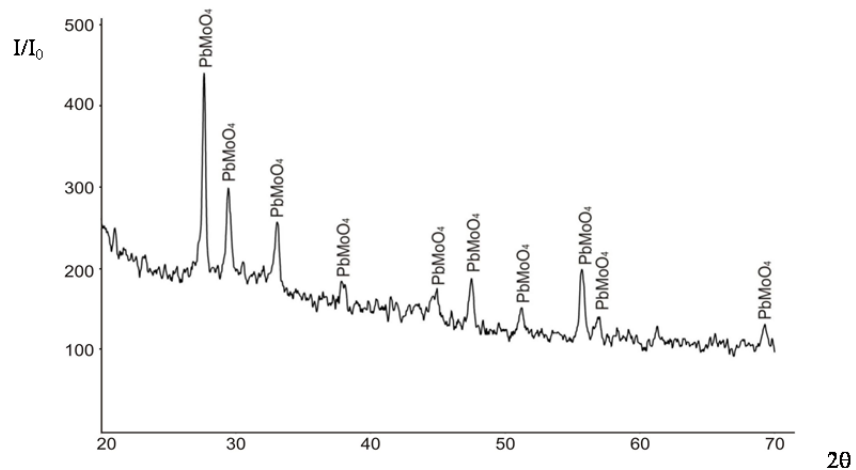
Սիլիկատելի միջավայրում սնուցող լուծույթների փոխազդեցությունն ընթանում է հետևյալ ռեակցիայով.



Փոխազդեցությունն իրականացվել է ամոնիումի մոլիբդատի և կապարի ագետատի լուծույթների pH=5 արժեքի դեպքում: pH արժեքի ընտրությունը կատարվել է՝ ելնելով այն հանգամանքից, որ pH-ի ավելի ցածր արժեքների դեպքում ամոնիումի մոլիբդատն առաջացնում է պոլիմիացություններ, մյուս կողմից՝ կապարի ագետատի pH-ի արժեքը չի կարելի բարձրացնել, քանի որ նստում է կապարի հիդրօքսիդը: Բացի այդ, կապարի ագետատի և ամոնիումի մոլիբդատի լուծույթների pH-ի արժեքի փոփոխությունն ազդում է սիլիկատելի կառուցվածքի վրա:

Կապարի մոլիբդատի բյուրեղացման կենտրոնների ձևավորումից հետո ավելացվել են ավելի խիտ կոնցենտրացիայի կապարի ագետատի և ամոնիումի մոլիբդատի լուծույթներ: Փորձարկումները կատարվել են սիլիկատելի pH-ի տարբեր

արժեքների և փոխազդող լուծույթների տարբեր կոնցենտրացիաների պայմաններում: 30 օր հետո առաջացել են կապարի մոլիբդատի փոքր բյուրեղներ (մինչև 2 մմ), որոնք NaOH-ի լուծույթով (1 N-ոց) և թորած ջրով լվացումից հետո չորացվել են 373 K ջերմաստիճանում: Փորձի արդյունքում ստացված բյուրեղները ենթարկվել են քիմիական և ռենտգենաֆազային հետազոտության: Նկ.4-ում բերված է սիլիկատելի միջավայրում կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղի աճեցման ռենտգենագիրը:



Նկ. 4. Սիլիկատելի միջավայրում կապարի մոլիբդատի բյուրեղի աճեցման ռենտգենագիրը

Ինչպես երևում է ռենտգենագրից, առաջացած մոնոբյուրեղներն ունեն շատ բարձր մաքրություն և այլ կոմպոնենտներ չեն պարունակում:

Բյուրեղի աճեցումը սիլիկատելի միջավայրում համարվում է նոր մեթոդ և ունի կատարելագործման կարիք: Այս մեթոդի թերությունը բյուրեղացման մեծ տևողությունն է, ինչպես նաև դժվար է ստանալ մեծ չափի բյուրեղներ: Սակայն պետք է նշել, որ աճեցված բյուրեղները համասեռ են: Շատ կարևոր է նաև այն, որ բյուրեղի աճեցումը իրականացվում է սենյակային ջերմաստիճանում, որը բացառում է բաղադրիչ կոմպոնենտների գոլորշիացումը և կրճատում է ներգաձախսը:

Այսպիսով, համալիր հետազոտությունների և քիմիական ու ռենտգենաֆազային վերլուծության արդյունքների հիման վրա մշակվել է կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղների ստացման նոր տեխնոլոգիա: Ընտրվել են լավարկված ռեժիմները. սիլիկատելի խտությունը՝ 1,04 գ/սմ³, սնուցող լուծույթների (կապարի ացետատի և ամոնիումի մոլիբդատի) և սիլիկատելի pH-ը՝ 5, ջերմաստիճանը՝ 300 K, բյուրեղացման տևողությունը՝ 30 օր: Հաստատվել է, որ այս եղանակով կարելի է ստանալ միաֆազ կառուցվածք ունեցող կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղներ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Pseudo-dendritic growth in lead molybdate single crystal by Czochralski technique / **H.C. Zeng, T.C. Chong, L.C. Lim et al** // Journal of Crystal Growth.- 1994.- Vol. 140, issues 1-2.- P. 148-156.
2. **Hongbing Chen, Congxin Ge, Rongsheng Li, Jinhao Wang**. Bridgman growth of lead molybdate crystals // Journal of materials science.- 2006.- Vol. 41, № 16.- P. 5383-5385.
3. **Зобнина А.Н., Кисляков И.П.** Получение молибдатов цинка, свинца и кадмия // Неорганические материалы.- 1966.- Т. 2, №12.- С. 2199-2203.
4. **Աղբալյան Ս.Գ., Հովսեփյան Ա.Հ., Հարությունյան Ս.Ա.** Մոլիբդենիտային խտանյութերից հիդրոմետալուրգիական եղանակով կապարի մոլիբդատի ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ-ի Տեղեկագիր. Տեխն. գիտ. սերիա.- 2012.- Հատ. 65, №3.- էջ 246-253:

ՀՊՃՀ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 24.02.2013:

С.Г. АГБАЛЯН, А.О. ОВСЕПЯН, С.А. АРУТЮНЯН

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛА МОЛИБДАТА СВИНЦА В ПРОСТРАНСТВЕ СИЛИКАГЕЛЯ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Разработана новая технология получения монокристаллов молибдата свинца из уксусно-кислого раствора свинца и молибдата аммония, полученного в результате переработки молибденитовых концентратов. На основе результатов рентгенофазового и химического анализов синтезированных продуктов установлены оптимальные технологические режимы процесса.

Ключевые слова: концентрат молибдена, молибдат свинца, монокристалл, силикагель, дислокация, примеси, окись.

S.G. AGHBALYAN, A.H. HOVSEPYAN, S.A. HARUTYUNYAN

DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR OBTAINING A MONOCRYSTAL OF LEAD MOLYBDATE IN SILICA GEL AT LOW TEMPERATURES

A new technology for obtaining single crystals of lead molybdate from acetic lead solution and ammonium molybdate obtained from the treatment of molybdenum concentrates is developed. Optimal technological regimes of the process are determined on the basis of the x-ray phase and chemical analysis of the synthesized products.

Keywords: molybdenum concentrate, lead molybdate, single crystal, silica gel, dislocation, impurities, oxide.

Ա.Մ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Դ.Գ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ՑԻՆԿԻ ԵՎ ԿԱԴՄԱՐԻ ԲԱՐՁՐ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՄԲ ՊՂՆՁԱՑԻՆ
ԽՏԱՆՑՈՒԹԻ ԲՈՎՈՒՄԸ ՏԱՐԿԱԼՈՒԾՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Բերված են ցինկի և կապարի բարձր պարունակությամբ պղնձային խտանյութի բովման գործընթացում տեղի ունեցող միջֆազային փոխազդեցությունների և փոխակերպումների հետազոտման արդյունքները: Որոշված են գերազանցապես պղնձ-ցինկ-կապար-սուլֆատային բովվածքի ստացման օպտիմալ տեխնոլոգիական ռեժիմները:

Առանցքային բառեր. մետաղ-սուլֆիդային խտանյութ, պիրիտ, խալկոպիրիտ, սֆալերիտ, գալենիտ, բովում, սուլֆատային բովվածք:

Ներածություն: Հանրապետության Շահումյանի հանքավայրում [1, 2] արդյունահանվող հանքանյութերը, ըստ էության, պղնձ-բազմամետաղային են: Դրանցից ստացվող պղնձի խտանյութերը, բացի պղնձից, պարունակում են նաև զգալի քանակությամբ ցինկ և կապար, որոնք գործնականում անտեսվում են ինչպես առևտրային գործարքներում, այնպես էլ պղնձի պիրոմետալուրգիայում: Նկատի ունենալով խտանյութերի արտադրության բազմատոննաժայռային, կարելի է հավաստել, որ նշված երկու օգտակար հանածոների անվերադարձ կորուստները տարեկան կտրվածքով նշանակալի են (մոտավոր հաշվարկներով՝ հազարավոր տոննաներ), ինչի պատճառը բազմամետաղային խտանյութերի համալիր վերամշակման տեխնոլոգիաների բացակայությունն է:

Աշխատանքը նվիրված է Կապանի հանքահարստացուցիչ ֆաբրիկայում արտադրվող ցինկի և կապարի բարձր պարունակությամբ պղնձային խտանյութի ցածր-ջերմաստիճանային բովմամբ գերազանցապես սուլֆատային բովվածքի ստացման թերմոդինամիկական և տեխնոլոգիական պարամետրերի հետազոտմանը, նպատակ ունենալով դրա հետագա տարրալուծմամբ հնարավոր դարձնել ընտրողական ձևով լուծույթից ինչպես պղնձի, այնպես էլ ուղեկից մետաղների կորզումը (Zn, Pb, Fe և այլն): Ընդ որում, փորձարկվող խտանյութում ոսկու և արծաթի բարձր պարունակությամբ է հիմնավորվում նաև հիդրոմետալուրգիական եղանակով սուլֆատացված բովվածքից բազային գունավոր մետաղների և երկաթի ընտրողական կորզման հնարավորությունը:

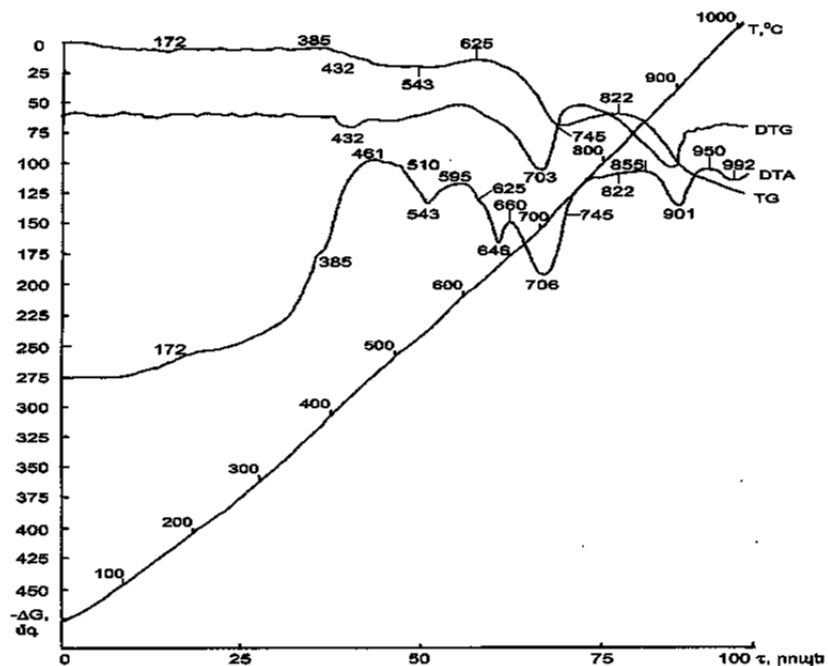
Հետազոտության մեթոդները: Խտանյութի բովման գործընթացի ջերմագրային հետազոտությունը 20-ից մինչև 1000 °C ջերմաստիճանային տիրույթում կատարվել է Q-1500 D մակնիշի դերիվատոգրաֆի (Հունգարիա) միջոցով: Բովված արգասիքների հիմնական ֆազային բաղադրությունը հետազոտվել է ստանդարտ ռենտգենաֆա-

գային վերլուծության եղանակով (դիֆրակտագրերի հանույթը և վերծանումը կատարվել են ՀՊՃՀ-ին կից ռենտգենաչափական լաբորատորիայում DPOH-2,0 դիֆրակտոմետրի միջոցով, $\text{Cu-K}\alpha$ ճառագայթամբ (ֆազերի վերծանումն ըստ [1] տվյալների): Մագնեթիտի առկայությունը բովմած արգասիքներում ստուգվել է նաև մագնիսական վերլուծության մեթոդով [2]:

Հետազոտության արդյունքների քննարկումը: Փորձարկվող խտանյութի (56,1 % CuFeS_2 , 23,8 % FeS_2 , 6,1 % ZnS , 5,4 % PbS , 4,8 % SiO_2 , 1,5 % Al_2O_3 , 2,3 % $\text{CaO}+\text{MgO}$, 7,1 q/m Au և 102,5 q/m Ag) բովման գործընթացի ջերմաձանրաչափական և դիֆերենցիալ-թերմիկական վերլուծությունն իրականացվել է ոչ իզոթերմիկական տաքացման պայմաններում, նպատակ ունենալով պարզաբանելու էլանյութում պարունակվող հիմնական սուլֆիդային միներալների, այդ թվում՝ խալկոպիրիտի (CuFeS_2), սֆալերիտի (ZnS), գալենիտի (PbS), ինչպես նաև պիրիտի (FeS_2) ֆազային փոխակերպությունների և փոխազդեցությունների մեխանիզմը, ինչպես նաև հաստատագրելու գերազանցապես սուլֆատային բովմածք ստանալու օպտիմալ տեխնոլոգիական պարամետրերը: Ազատ լիցքի վիճակում 1,5 g զանգվածով փորձարկվող խտանյութի նմուշով բեռնված կորունդե բաց հալքանոթը, տեղադրված դերիվատագրի կշռող հարմարանքի լծակներից մեկի վրա ամրացված պլատին-պլատինառողիումե ջերմագույգի ծայրին, տաքացվել է վառարանային հանգույցում 10 $^{\circ}\text{C}/\text{րոպե}$ արագությամբ մինչև 1000 $^{\circ}\text{C}$: Այդ ընթացքում գրանցվել են ինչպես նմուշի զանգվածի փոփոխության (TG) ու դրա դիֆերենցիալի (DTG), այնպես էլ դիֆերենցիալ-թերմիկական վերլուծության (DTA) ջերմաստիճանային ֆունկցիաները: Որպես հաշվեկշռային էտալոն է ծառայել կշռքի մյուս լծակին ամրացված համեմատական ջերմագույգի ծայրին տեղադրված հալքանոթում բեռնված նույն զանգվածով 1250 $^{\circ}\text{C}$ - ում թրծված ալյումինի օքսիդը (Al_2O_3): Բովման գործընթացում տեղի ունեցող ռեակցիաների թերմոդինամիկական վերլուծությունը կատարվել է [3-5] տվյալներով:

Նկ.1-ում բերված ջերմագրերից երևում է, որ ռեակցիայի գոտում ջերմաստիճանի հաստատուն արագությամբ աճի պայմաններում խտանյութի բովման պրոցեսը, ընդհանուր առմամբ, բաղկացած է երեք հիմնական փուլերից:

Առաջին փուլն (ընդհուպ մինչև $\sim 625^{\circ}\text{C}$) ուղեկցվում է բացառապես ջերմանջատիչ էֆեկտներով, որոնք, ինչպես հայտնի է, բնորոշ են օքսիդացման ռեակցիաներին: Տվյալ դեպքում դրանք սուլֆիդային միներալների սուլֆատային փոխազդեցություններն են օդի թթվածնի, ինչպես նաև դրանց միջանկյալ արգասիքների (մասնավորապես, երկաթի եռավալենտ սուլֆատի) հետ: Երկրորդ փուլում ($\sim 625^{\circ}\text{C}$ - ից մինչև 820 $^{\circ}\text{C}$) գերիշխող են ջերմակլանիչ էֆեկտները, որոնք ակնհայտորեն պայմանավորված են առաջին փուլում գոյացած սուլֆատների ջերմային դիսոցման ռեակցիաներով: Իսկ երրորդ փուլում (820 $^{\circ}\text{C}$ – ից բարձր) առաջ եկած տարաբնույթ ջերմային էֆեկտները պայմանավորված են հիմնականում նախորդող փուլերում ընթացող ռեակցիաների արգասիքների (Fe_2O_3 , CuO , ZnO , PbO) փոխազդեցությամբ միմյանց միջև, ինչպես նաև դատարկ ապարների (հատկապես, SiO_2 -ի) հետ:

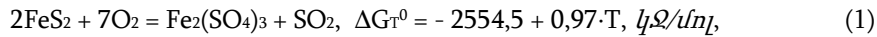


Նկ.1.1. Խտանյութի 1,5 գ զանգվածով նմուշի ոչ իզոթերմիկ պայմաններում տաքացման պրոցեսի ջերմագրերը. T – ջերմաստիճան, TG– նմուշի զանգվածի փոփոխություն, DTG– զանգվածի փոփոխության դիֆերենցիալ, DTA – դիֆերենցիալ-թերմիկական վերլուծության կորը

Պրոցեսի տարբեր ջերմաստիճանային տիրույթներում DTA, TG և DTG ջերմագրերի վրա ի հայտ եկած ջերմանջատիչ ու ջերմակլանիչ էֆեկտների, ինչպես նաև կախված ջերմաստիճանից՝ նմուշի զանգվածի նվազման կամ աճի ու դրանց դիֆերենցիալի (արագության) փոփոխման տվյալների համադրումը Cu-Zn-Pb-Fe-S-O համակարգի վերաբերյալ սուլֆիդների, սուլֆատների, օքսիդների, գազային արգասիքների ու դրանց միջև հավանական փոխազդեցությունների թերմոդինամիկական բնութագրերի հետ թույլ է տալիս առաջին (որոշիչ), երկրորդ ու երրորդ փուլերում տեղի ունեցող ֆիզիկաքիմիական փոխակերպությունների առավել հավանական մեխանիզմը մեկնաբանել հետևյալ կերպ:

Նմուշի զանգվածի նվազումը ~1,5 % - ի չափով 20...172 °C տիրույթում (տե՛ս TG ջերմագրի վրա), ակնհայտորեն, արդյունք է ադսորբված խոնավության, ինչպես նաև հիդրատացված ջրի հեռացմանը ելանյութից: Գոլորշիացումը, ինչպես հայտնի է, ջերմակլանիչ պրոցես է, ինչը արտահայտված է DTA ջերմագրի վրա համապատասխան գոգավորությամբ:

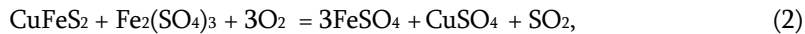
Առաջին խոշոր ջերմանջատիչ էֆեկտը 172...543 °C տիրույթում (461 °C էքսոթերմումով), ակնհայտորեն, պայմանավորված է երկաթի եռավալենտ սուլֆատի գոյացմամբ պիրիտի օքսիդացման ռեակցիայով՝



որը, ինչպես երևում է DTA ջերմագրի ցածրջերմաստիճանային տեղամասից, առավել ինտենսիվորեն է ընթանում՝ սկսած 385 °C-ից, և ուղեկցվում է նմուշի զանգվածի զգալի նվազմամբ (SO₂ գազի հեռացման պատճառով):

Այս ռեակցիան, թերևս, ամենակարևորն է այն առումով, որ ընթանում է շատ մեծ ջերմանջատիչ էֆեկտով, իսկ դա նշանակում է, որ բովման պրոցեսը կարող է շարունակվել ավտոգեն ռեժիմում, առանց արտաքին ջերմության ծախսի:

Մյուս կողմից, պիրիտի օքսիդացման (1) ռեակցիայի հետևանքով գոյացած երկաթի եռավալենտ սուլֆատը շատ ուժեղ օքսիդիչ է, որի շնորհիվ այն, թթվածնի հետ միասին, ինտենսիվորեն օքսիդացնում է բովախառնուրդում առկա առավել կայուն միներալ հանդիսացող խալկոպիրիտը՝ ըստ [6]-ում հիմնավորված հետևյալ ռեակցիայի.

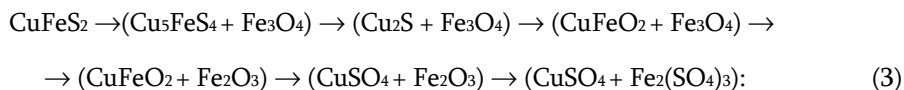


$$\Delta G_T^0 = -1083,43 + 0,343 \cdot T, \text{ կՋ/մոլ},$$

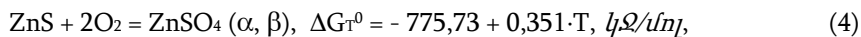
որի պինդ ֆազային արգասիքները ջրում լուծելի սուլֆատներ են:

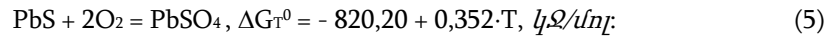
Ընդ որում, (2) ռեակցիայի շնորհիվ զգալիորեն ակտիվանում է պրոցեսը, ինչի ապացույցը 209 նմուշի զանգվածի նվազման արագության կտրուկ մեծացումն է 432 °C-ի շրջակայքում (տե՛ս TG և DTG կորերի համապատասխան հատվածները): Ակնհայտ է, որ (2) փոխազդեցությունը (1)-ի հետ համատեղ կարող է գործել այնքան ժամանակ, քանի դեռ բովախառնուրդում առկա է պիրիտի օքսիդացման հետևանքով գոյացող Fe₂(SO₄)₃-ը, որն ըստ հաշվարկի ավելի քիչ է, քան ամբողջ խալկոպիրիտի սուլֆատացման համար անհրաժեշտ քանակությունը: Ուստի DTA կորի վրա ի հայտ եկած բեկվածքը 510 °C-ում, իրավացիորեն, վերագրվում է նշված ռեակցիաների միաժամանակ ավարտին:

Դժվար չէ հաստատել, որ այս փուլում խալկոպիրիտի մնացած մասի սուլֆատացումը զուգահեռաբար տեղի է ունենում նրա աստիճանական քայքայման սխեմայով (ի համապատասխան Cu-Fe-S-O համակարգի բաժնեճնշումային դիագրամի [7])՝

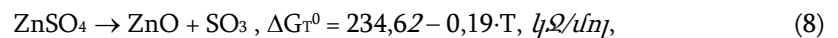
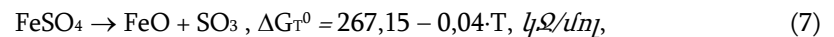
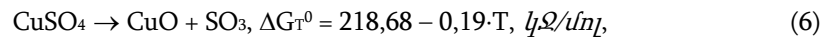


543...625 °C տիրույթում նկատվում է նմուշի զանգվածի ավելացում (տե՛ս TG կորի համապատասխան հատվածը), և միաժամանակ DTA ջերմագրի վրա ի հայտ է գալիս նոր ջերմանջատիչ էֆեկտ, որը, ակնհայտորեն, պայմանավորված պետք է լինի սֆալերիտի ու գալենիտի համատեղ սուլֆատային փոխակերպմամբ ըստ հետևյալ թերմոդինամիկորեն հավանական ռեակցիաների.

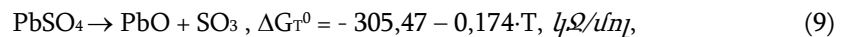




Երկրորդ փուլի 625...745 °C ջերմաստիճանային տիրույթում DTA ջերմագրի վրա ի հայտ եկած երկու ջերմակլանիչ էֆեկտները՝ 646 °C և 706 °C էքսոտրեմալ արժեքներով, ակնհայտորեն, արդյունք են առաջին փուլում գոյացած պղնձի, երկաթի և ցինկի սուլֆատների ջերմային քայքայման (որն առաջ է բերում նմուշի զանգվածի բավականին մեծ չափով նվազում) ըստ հետևյալ ռեակցիաների՝

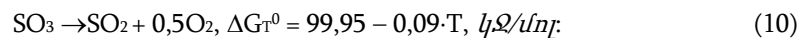


Իսկ միջանկյալ ջերմանջատիչ էֆեկտը 660 °C մաքսիմումով կարելի է բացատրել (5) ռեակցիայով գոյացած կապարի սուլֆատի ջերմային դիսոցմամբ՝

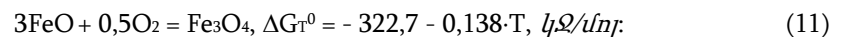


որը նույնպես ուղեկցվում է զանգվածի համապատասխան նվազմամբ:

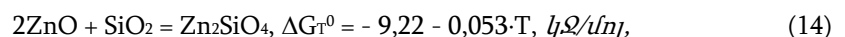
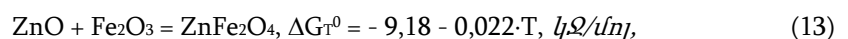
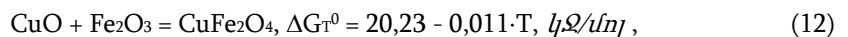
Սուլֆատների ջերմային դիսոցման ռեակցիաների հետևանքով անջատված ծծմբական գազն իր հերթին քայքայվում է ըստ հետևյալ ջերմակլանիչ ռեակցիայի՝



Երրորդ փուլի 745...822 °C տիրույթում նկատվող նմուշի զանգվածի ավելացումը (տե՛ս TG կորը), համապատասխան ջերմանջատիչ էֆեկտով, DTA ջերմագրի վրա կարելի է բացատրել երկաթի երկվալենտ օքսիդի վերաօքսիդացմամբ մինչև մագնեթիտի ըստ հետևյալ ռեակցիայի՝



Ավելի բարձր ջերմաստիճաններում պինդ ֆազային դիֆուզիայի հետևանքով գոյանում են դժվարլուծելի ֆերիտներ ու սիլիկատներ՝ ըստ հետևյալ հայտնի ռեակցիաների.



որոնց արդյունքում բացառվում է նմուշի զանգվածի որևէ չափի փոփոխություն:

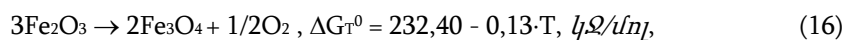
Ջերմակլանիչ էֆեկտը DTA ջերմագրի վրա 855...950 °C տիրույթում և դրան համապատասխան TG կորի վրա արձանագրված շարունակական զանգվածանվազումը բարձր ջերմաստիճաններում կարող են վերագրվել (9) ռեակցիայի

հետևանքով գոյացած կապարի երկվալենտ օքսիդի ($T_{\text{հալմ.}} = 886^\circ\text{C}$ [8]) հալման և դանդաղ գոլորշիացման պրոցեսներին՝



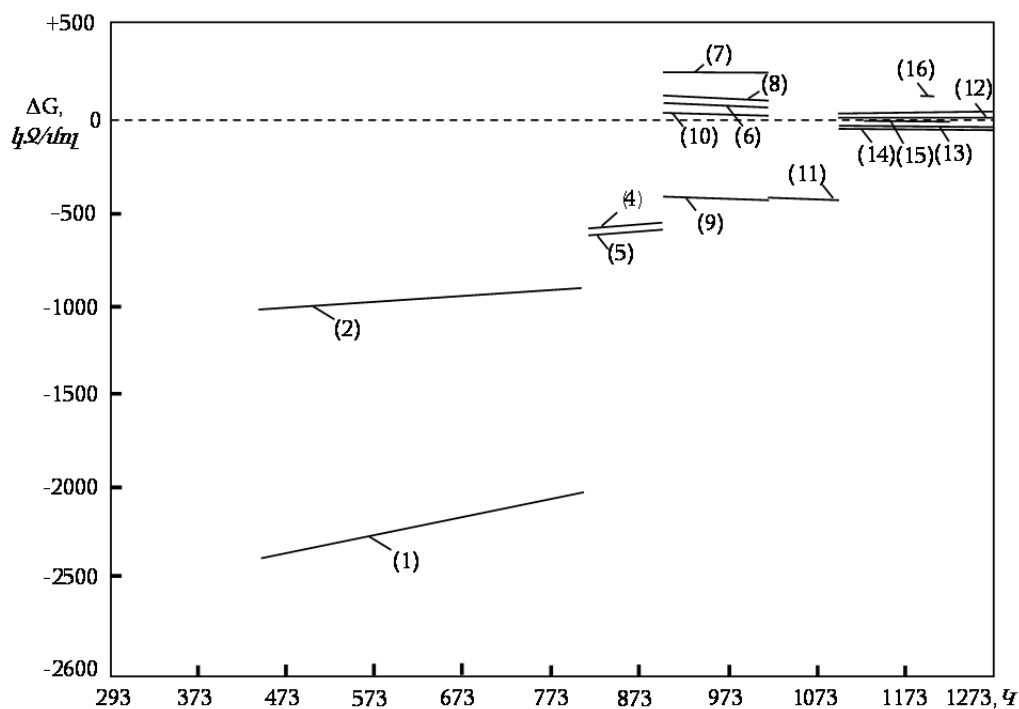
Այդ բաղադրիչի հալումը նպաստում է նաև բովված արգասիքի եռակալմանը հեղուկ ֆազի մասնակցությամբ [9]:

Վերջին ոչ շատ խորը ջերմակլանիչ էֆեկտը 992°C –ի շրջակայքում բացատրվում է մնացորդային հեմաթիտի փոխակերպումով մագնեթիտի՝



ինչը հաստատված է մագնիսական վերլուծության եղանակով [2]:

Վերը քննարկված բոլոր ռեակցիաները թերմոդինամիկորեն հավանական են (նկ. 2): Դա հատկապես նշանակալի է սուլֆատագոյացման (1)–(5) ռեակցիաների համար, քանի որ դրանց ազատ էներգիայի արժեքները հետազոտված ջերմաստիճանային տիրույթում մնում են կայուն բացասական:

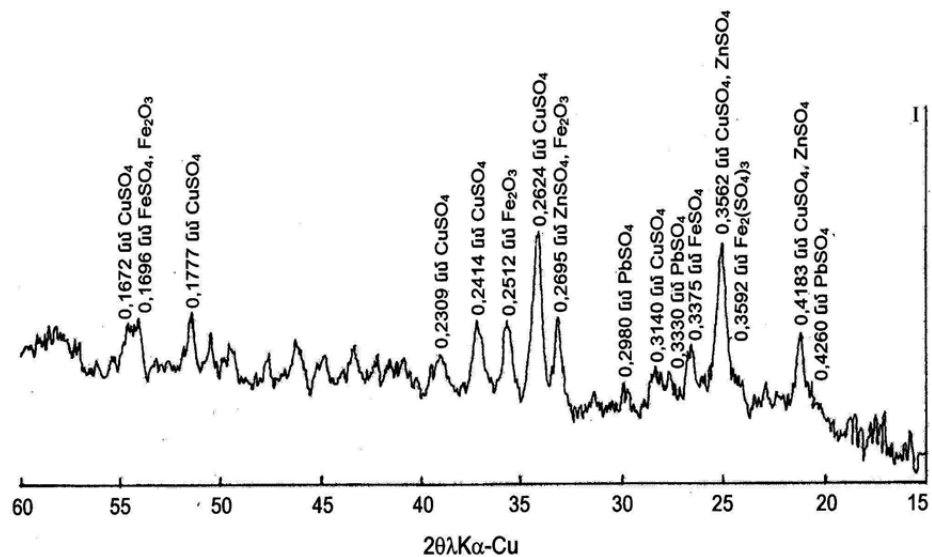


Նկ. 2. Ցինկի և կապարի բարձր պարունակությամբ պղնձային խտանյութի բովման գործընթացի ռեակցիաների ազատ էներգիայի ջերմաստիճանային կախվածության գրաֆիկները $20 \dots 1000^\circ\text{C}$ տիրույթում

Այսպիսով, բովման պրոցեսի առաջին փուլում գոյացած պղնձի, ցինկի ու կապարի, ինչպես նաև երկաթի սուլֆատները երկրորդ փուլում ենթարկվում են ջերմային դիսոլյուցիայի, առաջ բերելով համապատասխան օքսիդներ, որոնք, ավելի բարձր ջերմաստիճաններում (երրորդ փուլում) փոխազդելով միմյանց հետ պինդ ֆազային ռեակցիաներով (բացառությամբ կապարի օքսիդի), գոյացնում են ֆերիտային ու սիլիկատային միացություններ, իսկ փոխազդեցության մեջ չմտած ավելցուկային արգասիքները պահպանվում են պարզ օքսիդների տեսքով: Այս փուլում կապարի երկվալենտ օքսիդը հալվում է, գոլորշիանում ու հեռանում ռեակցիայի գոտուց:

Սակայն, ելնելով խնդրի նախապայմանից, այսինքն՝ ելանյութի բաղադրության մեջ մտնող պղնձի, ինչպես նաև ուղեկից ցինկի ու կապարի հարմարավետ կորզման համար հիդրոմետալուրգիական եղանակի կիրառման նպատակահարմարության ապահովման տեսակետից, բովման պրոցեսի արգասիքը պետք է պարունակի առավելապես սուլֆատային արգասիքներ, որի համար խտանյութի բովման ջերմաստիճանը չպետք է բարձր լինի 625°C -ից, որպեսզի չքայքայվեն գոյացած հեշտ լուծվող սուլֆատները, ինչպես նաև չառաջանան դժվարլուծելի ֆերիտներ ու սիլիկատներ:

Որպես պղնձային խտանյութի սուլֆատացնող բովման օպտիմալ ջերմաստիճան է ընտրվել 570°C -ը: Այդ ջերմաստիճանում 30 րոպե տևողությամբ իզոթերմիկ պայմաններում ստացված վերստուգիչ բովվածքի ռենտգենաֆազային վերլուծության արդյունքները (նկ. 3) ցույց են տալիս, որ այն իր բաղադրությամբ հիմնականում սուլֆատային է (ջրում լուծելի CuSO_4 , FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, ZnSO_4 սուլֆատներ են, բացառությամբ PbSO_4 -ի, որը լուծելի է NaCl -ի լուծույթում):



Նկ. 3. $570 \pm 10^{\circ}\text{C}$ – ում 30 րոպե տևողությամբ իզոթերմիկ պայմաններում ստացված բովվածքի դիֆրակտագիրը

Բովվածքում որոշ քանակի հեմաթիտի առկայությունն առանձնակի բարդություն չի ներկայացնում, քանի որ հիդրոմետալուրգիական եղանակով սուլֆատային բաղադրիչների կորզումից հետո մնացած սորախցուկից դրան համապատասխանող երկաթաբաժինը կարող է կորզվել ավանդական փոշեմետալուրգիական եղանակով:

Եզրակացություններ

1. Հիդրոմետալուրգիական վերամշակման նպատակով ցինկի և կապարի բարձր պարունակությամբ պղնձային խտանյութի բովման ցածրջերմաստիճանային փուլում գոյացող ջրում լուծելի սուլֆատներն ավելի բարձր ջերմաստիճաններում հակված են դիսոցվելու՝ առաջ բերելով օքսիդներ, ֆերիտային և սիլիկատային միացություններ, որոնք դժվարլուծելի են նույնիսկ քիմիական ազդանյութերով:

2. Առավելապես սուլֆատային բովվածք ստանալու համար խտանյութի բովման ջերմաստիճանը չպետք է գերազանցի սուլֆատ $\rightarrow$ օքսիդ փոխակերպման ջերմաստիճանը: Պրոցեսի օպտիմալ ջերմաստիճան է ընտրված 570°C -ը: Որպես բովման ազդեգատ է երաշխավորված խոնավացված խտանյութի մատուցմամբ զործող <<եռացող շերտով>> վառարանը [10], որի դեպքում պրոցեսի տևողությունը հնարավոր է հասցնել մինչև 15...30 րոպեի:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. ASTM Card File, ASTM.- Philadelphia, 1969.
2. **Апаев Б.А.** Фазовый магнитный анализ сплавов.- М.: Металлургия, 1976.- 280 с.
3. **Рабинович В.А., Хавин З.Я.** Краткий химический справочник.- Л.: Химия, 1991.- 432 с.
4. **Кубашевски О., Олкокк С.Б.** Металлургическая термехимия.- М.: Металлургия, 1982.- 390 с.
5. **Третьяков Ю.Д.** Твердофазные реакции.- М.: Химия, 1978.- 360 с.
6. **Sargsyan L.Ye., Hovhannisyan A.M., Antashyan G.G.** The phase conversions and interactions in a sulphide polymetallic concentrate during non-isothermal roasting process //Research Journal of the ooi Junior Academy, Transactions on Material Science (USA).- 2009.- V.9, № 1.- P. 37-43.
7. **Пашинкин А.С., Спивак М.М., Малкова А.С.** Применение диаграмм парциальных давлений в металлургии.- М.: Металлургия, 1984.-160 с.
8. Справочник термодинамических веществ / **Г.Б. Наумов, Б.Н. Рыженко, И.Л. Ходаковский**.- М.: Атомиздат, 1971.- 238 с.
9. **Кипарисов С.С., Либенсон Г.А.** Порошковая металлургия.- М.: Металлургия, 1980.- 495 с.
10. **Gosman G.I.** Pyrometallurgy of Gold // Extractive Metallurgy of Gold in South Africa / Edited by G.G. Stanley.- V.1.- Johannesburg, 1978.- 614 p.

ՀՊՀՀ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ): Նյութը ներկայացված է խմբագրություն 10.03.2013:

А.М. ОГАНЕСЯН, Д.Г. ВАРДАНЯН

**ОБЖИГ МЕДНОГО КОНЦЕНТРАТА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ
ЦИНКА И СВИНЦА ДЛЯ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

Приведены результаты изучения межфазных взаимодействий и превращений, происходящих в процессе обжига медного концентрата с повышенным содержанием цинка и свинца. Определены оптимальные технологические режимы получения преимущественно медь-цинк-свинец-сульфатного огарка.

Ключевые слова: металл-сульфидный концентрат, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, обжиг, сульфатный огарок.

A.M. HOVHANNISYAN, D.G. VARDANYAN

**ROASTING THE COPPER CONCENTRATE WITH HIGH CONTENT OF ZINC AND
LEAD FOR LEACHING**

The results of the study of interphase interactions and conversions taking place in the roasting process of copper concentrate with high content of zinc and lead are introduced. Optimal technological regimes for obtaining mainly copper-zinc-lead- sulphate roast calcine are determined.

Keywords: metal-sulphide concentrate, pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galenite, roasting, sulphate roast calcine.

ՀՏԴ 530.15

ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ ԵՎ
ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ

Ս.Ա. ՄԻՐԱԴԵՂՅԱՆ, Ռ.Գ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ

ՔՈՄՓՅՈՒԹԵՐԱՅԻՆ ՑԱՆՑԵՐԻ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ
ՄԻՍՈՒԼՑԱՏՈՐՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ, ՀԱՄԵՄԱՏԱԿԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՎ
ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ

Հետազոտվել են ns-3 և OMNeT++ ժամանակակից ցանցային սիմուլյատորները, որոնք ապահովում են քոմպյութերային ցանցերի նախագծումը և ուսումնասիրումը: Կատարվել է դրանց համեմատական գնահատում: Միմուլյատորի միջոցով իրականացվել է ընկերության ցանցի տարբեր կառուցվածքների սիմուլյացիա:

Առանցքային բառեր. քոմպյութերային ցանց, ցանցային սիմուլյացիա, դիսկրետ-իրադարձային սիմուլյատոր, ns-3, OMNeT++:

Ներածություն. Քոմպյութերային ցանցերում կատարվող հետազոտությունների մեջ մեծ մաս են կազմում նոր արձանագրությունների մշակումը կամ եղածների կատարելագործումը, ցանցի անվտանգության կամ ճարտարապետության հիմնահարցերը և այլն: Թվարկված հարցերն ուսումնասիրելիս կարևոր է հասկանալ ցանցի հանգույցների արագագործությունը և առանձին բաղադրիչների վարքը: Ուսումնասիրության համար կարելի է օգտվել հետևյալ երեք եղանակներից.

1. սիմուլյացիա,
2. փորձարկումներ գոյություն ունեցող համակարգում,
3. մաթեմատիկական մոդելավորում:

Ցանցային սիմուլյատորները լայն հնարավորություններ են ընձեռում՝ կատարելու հետազոտություններ տարբեր կառուցվածքով ու կազմակերպմամբ նախագծվող քոմպյութերային ցանցերի վրա՝ առանց ապարատային սարքերի օգտագործման: Դա թույլ է տալիս վիրտուալ պայմաններում նախագծել և հետազոտել տարբեր բարդությամբ քոմպյութերային ցանցեր, դրանց վրա կիրառել տարբեր կարգավորումներ և ստանալ անհրաժեշտ բնութագրեր՝ ձեռքի տակ չունենալով իրական կառուցված ցանց, և խնայել հսկայական ֆինանսական միջոցներ:

Ցանցային սիմուլյատորները կարող են կիրառվել քոմպյութերային ցանցերի տարատեսակ տոպոլոգիաների, դրանցով փոխանցվող թրաֆիկի, արձանագրությունների հետազոտման և վիճակագրության հավաքագրման համար:

Իրական ցանցի վրա փորձարկումներ կատարելը ոչ միշտ է հնարավոր: Նախ, արդյունքների ճշգրտությունն ապահովելու համար անհրաժեշտ է, որ ցանցը չօգտագործվի: Տարաբնույթ թրաֆիկի համար անհրաժեշտ է, որ փորձարկմանը

մասնակցող քոմփյութերներից յուրաքանչյուրի վրա լինի թրաֆիկի գեներացիայի աղբյուր: Նոր հանգույցների ավելացումը պահանջում է ֆինանսական ներդրումներ, իսկ ճարտարապետության փոփոխման դեպքում կարող է անհրաժեշտություն առաջանալ փոխելու ցանցի հանգույցների դասավորվածությունը: Կորպորատիվ ցանցերի դեպքում, երբ կան նաև մասնաճյուղեր, աշխատանքներն էլ ավելի են բարդանում: Հաճախ հանրավոր չէ միաժամանակ դադարեցնել բոլոր մասնաճյուղերի աշխատանքը, քանի որ դրանք կարող են գտնվել տարբեր ժամային գոտիներում և աշխարհագրական տարբեր վայրերում: Այդ դեպքում մասնագետների անհրաժեշտություն կառաջանա նաև այդ մասնաճյուղերում: Հետագոտական աշխատանքները պետք է անցկացվեն միայն ոչ աշխատանքային օրերին: Վերը թվարկվածները զգալի սահմանափակումներ են դնում աշխատանքների վրա՝ հաճախ դրանք դարձնելով անհնար:

Նոր նախագծվող ցանցերի դեպքում այս մեթոդը կիրառելի չէ, քանի որ չկա ցանց, որի վրա կատարվեն ուսումնասիրությունները:

Վերջին ուսումնասիրված եղանակը մաթեմատիկական մոդելավորումն է: Այստեղ անհրաժեշտ է համակարգը բաժանել առանձին մոդելների և տալ դրանցից յուրաքանչյուրի մաթեմատիկական նկարագրությունը: Դա այս մեթոդի ամենաբարդ մասն է, քանի որ մոդելը պետք է առվելագույնս ճիշտ նկարագրություն տա: Խոր ուսումնասիրություններ կատարելու համար անհրաժեշտ են բարդ կառուցվածքով մոդելներ, ինչը բարդացնում է հաշվարկները:

1. Խնդրի դրվածքը. Ներկայումս արդիական է դիտարկել տարաբնույթ թրաֆիկով կորպորատիվ քոմփյութերային ցանցերի կառուցվածքների տարբերակների և օգտագործվող արձանագրություններից արդյունավետների ընտրությունը: Դա թույլ կտա բարձրացնել քոմփյութերային ցանցի ինֆորմացիոն թողունակությունը: Դրա իրականացման համար անհրաժեշտ է դիտարկել քոմփյութերային ցանցի տարբեր տոպոլոգիաներ, կիրառել բազմապիսի արձանագրություններ և մշակելով ստացված արդյունքները՝ ընտրել տոպոլոգիա և արձանագրությունների խումբ:

Նախագծվող քոմփյութերային ցանցերի աշխատանքի հետազոտությունները նպատակահարմար է իրականացնել ցանցային սիմուլյատորների միջոցով, քանի որ միշտ չէ, որ հնարավոր է գտնել պահանջները բավարարող ցանց, իսկ գտնելու դեպքում էլ դրա ձևափոխությունները կարող են պահանջել ֆինանսական մեծ ներդրումներ:

Լայն տարածում ունեցող ցանցային սիմուլյատորներից են ns-3-ը, OMNeT++-ը, OPNET Modeler-ը, NetSim-ը, OpenWNS-ը, GNS3-ը և այլն, որոնք ապահովում են տարբեր տեսակի՝ լարային և անլար, քոմփյութերային ցանցերի նախագծման ու հետազոտման արդյունավետ իրականացումը [1, 2]:

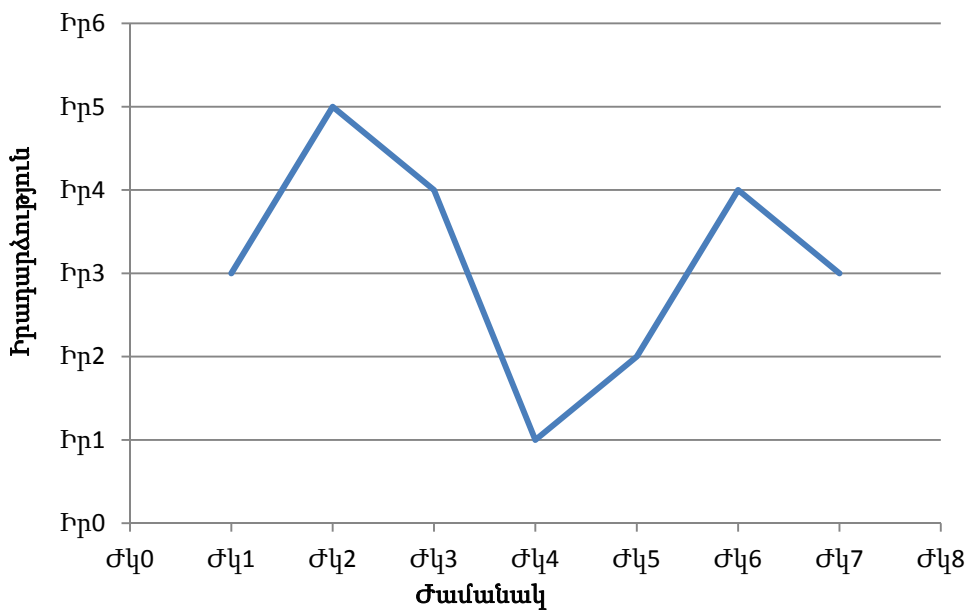
Ուստի արդիական խնդիր է քոմփյութերային ցանցերի նախագծման և վերակառուցման համար օգտագործվող ժամանակակից սիմուլյատորների հետազոտումը,

դրանց համեմատական գնահատումը և կիրառման հնարավորությունների դիտարկումը:

2. Ցանցային սիմուլյացիա. Սիմուլյատորները բաժանվում են մի քանի դասի: Դրանցից են.

- շարունակական,
- Մոնտե Կարլոյի,
- դիսկրետ-իրադարձային:

Ցանցային սիմուլյատորների մեծ մասը պատկանում են դիսկրետ-իրադարձային դասին: Նրա գլխավոր առանձնահատկությունն այն է, որ մոդելի վիճակը փոխվում է միայն ժամանակի դիսկրետ պահերին՝ իրադարձությունների ի հայտ գալու հետևանքով: Ենթադրվում է, որ երկու իրար հաջորդող իրադարձությունների միջև ընկած ժամանակահատվածում մոդելը չի փոխում իր վիճակը: Նկ.-ում բերված է ժամանակի ընթացքում իրադարձությունների ի հայտ գալը: Ժամանակի Ժկ1 պահից սկսում են ի հայտ գալ Իր3, Իր5, Իր4, Իր1, Իր2, Իր4 և Իր3 իրադարձությունները: Հարկ է նշել, որ ժամանակի Ժկx և Ժկx+1 պահերի միջև ընկած ժամանակահատվածը հաստատուն չէ և կարող է ընդունել տարբեր արժեքներ:



Նկ. Իրադարձությունների ի հայտ գալը ժամանակի ընթացքում

Բոլոր դիսկրետ-իրադարձային սիմուլյատորները բաղկացած են բաղադրիչներից: Դրանցից են [3].

- Ժամացույց. սիմուլյացիայի ընթացիկ ժամանակի հաշվարկի համար:
- Իրադարձությունների ցուցակ. սիմուլյացիայի հիմքում ընկած են իրադարձությունները, որոնք ի հայտ են գալիս ժամանակի կոնկրետ պահերին: Կարող են նաև լինել իրադարձություններ, որոնք պահվում են հետագայում ի հայտ գալու համար: Ժամանակի ցանկացած պահին կարող են ի հայտ գալ ցանկացած քանակի իրադարձություններ:
- Ավարտի պայման. քանի որ սիմուլյացիան կարող է շարունակվել անվերջ (նույնիսկ իրադարձությունների բացակայության դեպքում), ուստի անհրաժեշտ է պայման, որի դեպքում այն կավարտվի: Նման պայմանների տիպիկ օրինակներ են «Ժամանակի t պահին», «X քանակությամբ իրադարձություն մշակելուց հետո» և այլն:
- Պատահական թվի գեներատոր. կախված համակարգի մոդելից, սիմուլյացիայի ընթացքում կարող է պատահական թվի գեներացիայի պահանջ առաջանալ: Նման դեպք կարող է առաջանալ, օրինակ, HTTP (Hypertext Transfer Protocol, հիպերտեքստերի փոխանցման արձանագրություն) թրաֆիկի գեներացիայի ժամանակ, որը պետք է ունենա պատահական երկարություն:

3. Ցանցային սիմուլյատորների հետազոտումը. Ցանցային սիմուլյատորի ընտրության համար անհրաժեշտ են որոշակի չափանիշներ: Պետք է հնարավոր լինի սիմուլյատորն անվճար կիրառել հետազոտական և ուսումնական նպատակներով, տարածվի բաց կոդով, որպեսզի անհրաժեշտության դեպքում հնարավոր լինի նրա աշխատանքում կատարել փոփոխություններ, ունենա աշխատանքային խումբ, որոնք աշխատանքներ են վարում նոր տարբերակի մշակման և եղածների լրամշակման, գտնված սխալների շտկման ուղղությամբ:

Հաշվի առնելով վերը նշված չափանիշները, որպես հետազոտման առարկա ուսումնասիրվել են հետևյալ երկու դիսկրետ-իրադարձային ցանցային սիմուլյատորները՝

- ns-3,
- OMNeT++:

3.1. Ցանցային սիմուլյատոր ns-3. Ցանցային արձանագրությունների հետազոտություններ կատարելու համար ns-2 ցանցային սիմուլյատորը երկար տարիներ եղել է ամենակիրառվողը և փաստացի ստանդարտ դարձած գործիքային միջոցը: Բազմաթիվ հետազոտական աշխատանքներ կատարվել են՝ օգտագործելով ns-2 ցանցային սիմուլյատորը: Նրա համար գրվել են հարյուրավոր մոդուլներ, որոնք թույլ են տալիս կատարել տարբեր արձանագրությունների և տեխնոլոգիաների հետազոտում: ns-3-ը մշակվել է որպես ns-2-ի փոխարինող [4]: Հիմնական նպատակ-

ներից մեկը մոդելների կատարելագործումն է՝ դրանց ծրագրային իրականացումը մոտեցնելով իրականին: ns-3-ն ամբողջությամբ նոր ստեղծված սիմուլյատոր չէ: Այն արդեն իսկ գոյություն ունեցող գործիքային միջոցների միաձուլում է: Ներառում է ns-2, Georgia Tech Network Simulator և YANS սիմուլյատորները: Նոր մոդուլների ստեղծման համար օգտագործվում է ծրագրավորման C++ լեզուն: Դա թույլ է տալիս հեշտությամբ օգտագործել ns-2-ում գոյություն ունեցող ծրագրավորման C լեզվով գրված մոդուլները:

Ns-3-ի կոմերցիալ տարբերակ չկա, և նախագծի ընդլայնման, գտնված սխալների շտկման համար կա սահմափակ ռեսուրս:

ns-3-ի միջոցով սիմուլյացիա իրականացնելու համար անհրաժեշտ է գրել C++ ծրագիր և այնտեղ ցանցի մոդելը նկարագրել՝ օգտագործելով պատրաստի մոդուլների հավաքածուն: Ծրագիրը կոմպիլացվում է և կապվում օգտագործված մոդուլների գրադարանների հետ, որոնք գալիս են ns-3-ի հետ:

3.2. Ցանցային սիմուլյատոր OMNeT++. OMNeT++-ն (Objective Modular Network Testbed in C++) ընդարձակվող, մոդուլային բաղադրիչներից բաղկացած սիմուլյացիայի C++ գրադարան և հարթակ է [5], որը ներառում է նաև մշակման և գրաֆիկական գործարկման միջավայրեր: Ունի իրական ժամանակի սիմուլյացիայի, ցանցի էմուլյացիայի ընդլայնումներ: OMNeT++-ը ստեղծվել է ցանցերի և բաշխված համակարգերի սիմուլյացիայի նպատակով: Մասնագիտացված լինելու փոխարեն ստեղծվել է հնարավորինս ընդհանրացված: Շնորհիվ դրա, OMNeT++-ն օգտագործվում է բազմաթիվ բնագավառներում՝ անլար, միառանգ ցանցերի, օպտիկական հանգույցների և տվյալների պահպանման ցանցերի սիմուլյացիա և այլն:

OMNeT++-ն ապահովում է ընդհանրացված բաղադրիչային կառուցվածք: Մոդելների նախագծողն ինքն է որոշում, թե ինչպես արտապատկերել իրական բաղադրիչները մոդելների տեսքով: Ստեղծված բաղադրիչները կարող են միավորվել և ստեղծել մեկ մեծ բաղադրյալ մոդել: Դրանք իրար հետ հիմնականում հաղորդակցվում են հաղորդագրությունների միջոցով:

Գրաֆիկական մասը հիմնված է Eclipse ծրագրի վրա:

Ցանցային սիմուլյատոր OMNeT++-ը ներառում է այնպիսի մոդուլներ, ինչպիսիք են OSI մոդելի կիրառական և ներկայացուցչական մակարդակների մոդուլները, MAC մակարդակը և այլն: Այն ունի մի քանի առանցքային հարթակներ, որոնք լայնորեն կիրառվում են տարբեր տիպի սիմուլյացիաների դեպքում: Դրանցից են [5].

- INET հարթակ. պարունակում է որոշ ինտերնետային արձանագրությունների մոդելները, ինպիսիք են UDP, TCP, IP, IPv6, Ethernet, IEEE 802.11, OSPF, MPLS, SCTP և այլն,
- INETMANET. INET-ի լրացում է, որն ունի մի շարք շարժական մոդուլների մոդելներ,
- MiXiM. ապահովում է անլար և շարժական սիմուլյացիա,

- Castalia. անլար սենսորային ցանցի (Wireless Sensor Network), մարմնի մասերի ցանցեր (Body Area Network) և հոսանքի ցածր սպառում ունեցող ներկառուցվող սարքավորումների սիմուլյացիայի համար:

Նոր բաղադրիչները գրվում են C++-ով: Առանձին փոքր բաղադրիչները միավորվում են բարձր մակարդակի NED(Network Description) լեզվի միջոցով:

4. Ցանցային սիմուլյատորների կիրառումը. Դիտարկված երկու ցանցային սիմուլյատորներից ընտրվել է OMNeT++-ը, քանի որ այն ունի ընդլայնելիության ավելի մեծ հնարավորություններ, իսկ Eclipse գործիքային միջոցի առկայությունը հեշտացնում է սիմուլյացիայի իրականացումը:

Սիմուլյացիայի համար ընտրվել է «Արդիոտեխ» ՍՊ ընկերության ցանցը, որը բաղկացած է 30 քոմպյուտերներից: Քոմպյուտերներն իրար միացված էին WiFi երթուղավորիչի միջոցով: Ընկերության գրասենյակը զբաղեցնում է 2 հարկ: Երեկոյան ժամերին VoIP (Voice over Internet Protocol, ձայնը ինտերնետ արձանագրության միջոցով) կոնֆերանսներին մասնակցում են մինչև 20 քոմպյուտեր, ինչի արդյունքում ցանցով անցնում է թրաֆիկի մեծ հոսք: Դա հանգեցնում էր ձայնի որակի կտրուկ անկման, հաճախ նաև կապի ընդհատման:

Ցանցի ճարտարապետության կատարելագործման համար կիրառվել է OMNeT++ դիսկրետ-իրադարձային սիմուլյատորը: Ձայնի որակի չափանիշ ընտրվել է MOS (Mean Opinion Score, գնահատականի միջին թիվ)-ը, իսկ դրա ստացման համար կիրառվել է ITU (Internet Telecommunication Union, Ինտերնետային Հեռահաղորդակցության Միություն)-ի կողմից մշակված գործիքային միջոցները [6]: Ըստ MOS-ի սանդղակի ձայնի որակի համար կա 5 աստիճան՝ 1-ից 5, որտեղ ամենացածր որակին համապատասխանում է 1-ը, իսկ ամենաբարձրին՝ 5:

Նախ՝ կառուցվել է գոյություն ունեցող ցանցի մոդելը, և կատարվել է VoIP թրաֆիկի սիմուլյացիա: 20 քոմպյուտերների միաժամանակյա աշխատանքի դեպքում ստացված MOS արժեքներից ամենացածրը 1.987 էր, իսկ ամենաբարձրը՝ 2.115: Երկու արժեքներն էլ համապատասխանում են ձայնի ցածր որակին:

Դիտարկվել է կատարելագործման երկու տարբերակ: Յուրաքանչյուրի համար կառուցվել է մոդել և իրականացվել սիմուլյացիա:

Առաջինի դեպքում յուրաքանչյուր հարկում տեղադրվել է մեկական WiFi երթուղավորիչ: Արդյունքում՝ թրաֆիկը բաժանվել է երկու երթուղավորիչների միջև: Սիմուլյացիայի արդյունքում ստացված MOS արժեքներից ամենացածրը 2.403 էր, իսկ ամենաբարձրը՝ 2.625: Դա ձայնի բավարար որակ է:

Երկրորդ դեպքում անլար ցանցը փոխարինվել է Ethernet ցանցով: Ամեն հարկում տեղադրվել է մեկական կոմուտատոր: Այս դեպքում MOS արժեքներից ամենացածրը 4.213 էր, իսկ ամենաբարձրը՝ 4.439: Այս արժեքները համապատասխանում են ձայնի գերազանց որակին:

Հիմնվելով սիմուլյացիայի հետևանքով ստացված արդյունքներին, ինչպես նաև հաշվի առնելով ընկերության աշխատողների թվաքանակի ավելացման հեռանկարը, նպատակահարմար է կրառել Ethernet տեխնոլոգիան:

Բոլոր սիմուլյացիաների արդյունքները բերված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

MOS արժեքը սիմուլյացիայի տարբեր սցենարների դեպքում

Սիմուլյացիայի սցենար	MOS նվազագույն արժեք	MOS առավելագույն արժեք
WiFi 1 երթուղավորիչով	1.987	2.115
WiFi 2 երթուղավորիչով	2.403	2.625
Ethernet	4.213	4.439

Եզրակացություն. Քոմպյուտերային ցանցերի մեծացման և դրանցով անցնող թրաֆիկի ավելացմանը զուգահեռ շատ հաճախ գոյություն ունեցող ցանցերի թողունակությունը սկսում է չբավարարել: Նման դեպքերում անհրաժեշտություն է առաջանում կատարել ցանցի վերակառուցում:

Ցանցային սիմուլյատորները լինում են տարբեր տեսակի և ունեն կիրառման տարբեր բնագավառներ: Սիմուլյատորների միջոցով հնարավոր է իրականացնել միևնույն ցանցի տարբեր կառուցվածքների սիմուլյացիա, հետազոտել արդյունքները և դրա հիման վրա ընտրել արդյունավետ կառուցվածքը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Wehrle K., Güne M. , Gross J.** Modeling and Tools for Network Simulation.- Springer, 2010 – 545 p.
2. **Lessmann J., Janacik P., Lachev L., Orfanus D.** Comparative Study of Wireless Network Simulators. The Seventh International Conference on Networking. – 2008. – P. 517-523.
3. http://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_event_simulation
4. <http://www.nsnam.org/>
5. <http://www.omnetpp.org/>
6. <http://www.itu.int>

ՀՊՃՀ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ): Նյութը ներկայացված է խմբագրություն 11.04.2013:

С.А. СИРАДЕГЯН, Р.Г. КИРАКОСЯН

**ИССЛЕДОВАНИЕ, СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ПРИМЕНЕНИЕ
СОВРЕМЕННЫХ СИМУЛЯТОРОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ**

Исследованы современные сетевые симуляторы ns-3 и OMNeT++, которые обеспечивают проектирование и изучение компьютерных сетей. Проведена их сравнительная оценка. С помощью симуляторов проведена симуляция различных построений реальной сети.

Ключевые слова: компьютерная сеть, сетевая симуляция, симулятор, дискретно-событийный симулятор, ns-3, OMNeT++.

S.A. SIRADEGHYAN, R.G. KIRAKOSSIAN

**RESEARCH, COMPARATIVE ASSESSMENT AND APPLICATION OF MODERN
SIMULATORS FOR DESIGNING COMPUTER NETWORKS**

Modern network simulators ns-3 and OMNeT++ providing the projection and investigation of computer networks are studied. Their comparative assessment is carried out. Simulation of different structures of a real network is accomplished.

Keywords: computer network, network simulation, simulator, discrete event simulator, ns-3, OMNeT++.

T.H. SHAHINYAN

**A METHOD FOR PARALLEL TESTING OF ELECTRONIC DESIGN
AUTOMATION APPLICATIONS**

Applications that are used in electronic design automation (EDA) are usually developed by hundreds of engineers and the development process lasts years. Parallel to the software development process many automated tests (AT) are developed by software quality assurance (SQA) engineers. Tests are used for regular testing of software functionality, performance and other features. The number of tests usually reaches several thousands. And running the whole test suite in an acceptable time interval is a challenging task. A method for parallelization and fastening test runs is presented.

Keywords: software testing parallelization, distributed runs, linux scripting.

Introduction. The duration of AT can last from several seconds to several hours. Short tests are preferable, because their future usage and modification is fast. But there always are tests that last long. The successive run of a whole test suite can take tens of hours or even several days. So this makes it unacceptable to use successive runs. Therefore the distributed runs are used for fastening the testing process.

The main types of distributed runs are:

1. Distribution between several computers.
2. Distribution between multiple CPUs of the same computer.
3. Combination of 1 and 2.

Distribution between several computers is more complicated, because it is also required to consider their loading, and for that purpose commercial applications like grid engine [1] are used. In this work, the second type of distribution is presented, which doesn't depend on other applications and is developed using bash [2] scripting in the environment of Linux [3] operating system (OS). Using the Linux OS is not arbitrary. It is the main environment for developing EDA applications and it also has all the required features for parallelization of tasks. Modern servers can have tens and even hundreds of CPUs [4], and using distributed runs can significantly reduce the testing time.

Task Definition. Given M tests. It is required to run tests on the N CPUs of the same computer. For each test the maximum run time (RT) $T_{i\max}$ is known, where $i=1,M$. The maximum RT is used for killing a test, when its duration exceeds $T_{i\max}$. This is required for not having hanging tests, which may occur for various reasons. When killing a test, all child processes should be killed recursively. After the end of

each test, the next test should automatically begin. The test driver should give the following run time information:

1. The total number of tests.
2. The number of test being run, the test name, start time and maximum RT.
3. The name of the finished test, its status and duration.

Overview of the Proposed Method. During the parallel distribution of tests, it is important to sort them so that their durations appear in an ascending or descending order, so that tests with close durations should run one after the other. This is required for shortening the total RT. The ascending order is usually preferable because if a test driver is interrupted, more tests can be run before interruption.

To organize a distributed run a BASH script is used, which accepts the following arguments:

- -list <File> with the test list of the following format: test_path [maxruntime]
- [-n] <integer> number of parallel jobs to run (default is 1)
- [-maxruntime] <integer> maximum RT of ATs in seconds.

Used when a test in the list file hasn't own maxruntime (default is 3600).

The subtasks that occur during this main task are as follows:

1. Creating a loop that runs all tests with N threads.
2. Having self monitoring threads.
3. Killing child processes recursively.

To organize a loop for running all tests, a BASH while a loop is used (Fig.1). To organize subtask 2, a test is run in the background mode and a job monitoring loop is created (Fig.2). For killing processes recursively a BASH function is created (Fig.3).

```
while read test_path test_maxruntime < $list_file
do
    ###Do required checks for test_path and test_maxruntime
    ###If any job is finished, remove from list###
    pidn=echo "$pids" | cut -d " " -f$N
    while [ "$pidn" != "" ]
    do
        sleep $time_slice
        for pid in `echo $pids`
        do
            ps -p $pid > /dev/null 2>&1
            status=$?
            if [ $status -ne 0 ] ###not running###
            then
                ###remove pid from pids list###
                pids=${pids/$pid /}
            fi
        done
        pidn=`echo "$pids" | cut -d " " -f$N`
    done
    ###Run parallel jobs and add to pids list###
    if [ "$pidn" == "" ]
    then
        echo "Test $i of $test_count - $test_path - timeout: $test_maxruntime"
        let "i=i+1"
        test_runner $test_path $test_maxruntime >> $logFileName 2>&1 &
        pid=$!
        pids="$pid $pids"
    fi
done
```

Fig. 1. A BASH loop that runs all tests with N threads on the same computer

```

function test_runner() {
test_path=$1
test_maxruntime=$2
time_slice=1

cd $test_path
$test_path/run & ###Run test in background mode
pid=$!
test_curruntime=0

while [ 1 ]
do
ps -p $pid > /dev/null 2>&1
status=$?
if [ $status -eq 0 ]
then
### still running ###
if [ $test_curruntime -gt $test_maxruntime ]
then
### kill by runtime ###
kill_tree $pid > /dev/null 2>&1
echo "KILLED $test_path at `date +%Y-%m-%d-%H-%M-%S`, because out of time"
sleep 1
break
else
### kill if parent process doesn't exist ###
ppid=`ps -p $$ -o ppid | grep -v PPID | tr -d ' '`
if [ "$ppid" = "1" ]; then
echo "KILLED $test_path at `date +%Y-%m-%d-%H-%M-%S`, because parent process doesn't exist"
kill_tree $pid > /dev/null 2>&1
break
fi
##### continue #####
test_curruntime=$(( $test_curruntime + $time_slice ))
fi
else
test_status=`get_test_status`
echo "FINISHED $test_path - DURATION: $test_curruntime seconds - STATUS: $test_status"
break
fi
sleep $time_slice
done
}

```

Fig. 2. Self monitored thread

```

function kill_tree () {
local pid=$1
local child
local status
for child in $(ps -o pid --no-headers --ppid ${pid}); do
kill_tree ${child}
done
kill $pid || kill -9 $pid > /dev/null 2>&1
}

```

Fig. 3. Function for killing all child processes recursively

Determining the Optimal Number of Threads. Hyper-Threading technology [5] is a form of simultaneous multi-threading technology, where multiple applications, or multiple threads of a single application, can be run simultaneously on one processor. The Intel Xeon processor family implementation of Hyper-Threading technology

enables each physical processor to appear as two logical processors to the operating system and software (Fig.4). Each logical processor maintains an independent architectural state, and can respond to interrupts independently. The two logical processors within each physical processor share the physical execution resources. Doing so allows a second, simultaneous thread to use execution resources that are not being used when only one thread is executing. The result is an increased utilization of the execution resources within each physical processor package. This improvement in CPU resource utilization yields higher processing throughput for the application. Figure 4 compares a processor with Hyper-Threading technology to a processor without Hyper-Threading technology. Hyper-Threading technology is well-suited for multi-processor systems and can further enhance their performance. On a multi-processor platform, the operating system can schedule separate threads to execute not only on each physical processor simultaneously, but on each logical processor simultaneously as well. This improves overall performance and system response because many parallel tasks can be dispatched sooner due to twice as many logical processors being available to the system. In the past, sharing memory across multiple CPUs could limit the performance scaling, due to bottlenecks in accessing shared memory. Because the caches are shared among the logical processors in a physical processor, Hyper-Threading technology can benefit applications that implement a pair of concurrent threads. The Intel Xeon family servers produce better performance when threads are twice as many as processors due to Hyper-Threading.

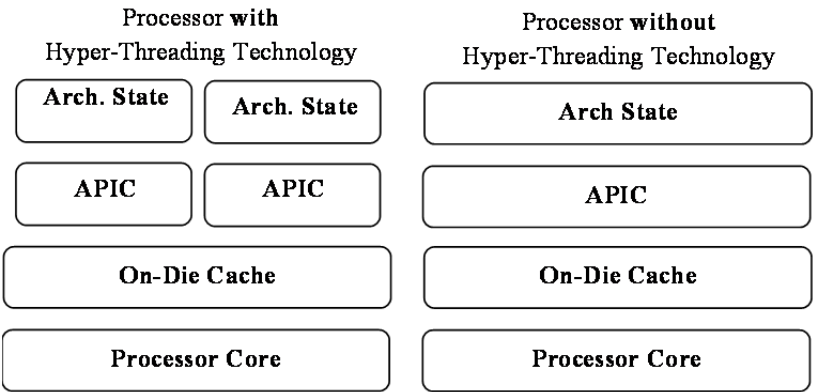


Fig. 4. Comparison of an Intel® Xeon™ Processor with Hyper-Threading Technology to an Intel Processor without Hyper-Threading Technology

Experimental results. To determine the efficiency of parallel threads on the same computer, several runs were made on an Intel Xeon server with 47GB random access memory (RAM) and16 CPUs, each 2800MGz. To use Hyper-Threading 32 tests with different durations from 107 to719 seconds were selected. The successive RT was about 152 minutes. Table 1 shows RT results for variaous threads.

Table 1

Total RT for various threads, tests have different durations

Number of Parallel Threads	Total RT (minutes)	Relative speedup
1	152	1
16	12	12.7
32	12	12.7

In both cases of 16 and 32 threads the total RT was determined by the test with maximum RT.

To determine the dependence of the total RT on the number of threads it was determined to use tests with the same duration. This was done by copying and renaming the same test. The test lasting 220 seconds was selected. Of course the test duration is not constant. It may differ depending on the server loading. The following tests were implemented to determine the speedup depending on the number of threads. The total RT for 32 successive runs was 99 minutes (Tbl. 2). And the maximum speedup with 32 threads was 12.3. It is important to note that during the experiments, the RAM was sufficient, and dynamic memory was not used.

Table 2

Total RT for various threads, tests have same duration

Number of Parallel Threads	Total RT (minutes)	Average RT of test (seconds)	Relative Speedup
1	99	185	1
16	10	259	9.9
32	8	430	12.3

Conclusion. The testing time is an important challenge. An increase of tests count increases time challenges. A simple and efficient methodology is proposed that can be used for distributing runs among multiple CPUs of the same server. Distribution among CPUs does not require commercial applications, thus it is cheap. The number of threads can be greater than the number of processors due to Hyper-Threading. Using a distributed run on 16 processors with 32 threads can shorten the testing time almost by 25 percents compared to the run on 16 processors with 16 threads.

REFERENCES

1. **Shankar U.** Oracle Grid Engine User Guide. Release 6.2 Update 7. E21976-02. 2012.
2. **Newham C. and Rosenblatt B.** Learning the bash Shell. Second Edition. - O'Reilly, January, 1998. – 334 p.
3. **Garrels M.** Introduction to Linux. A Hands on Guide. 1.25 Edition. - 2007. – 223 p.

4. **Merritt R.** CPU Designers Debate Multi-core Future. -EETimes Online, February 2008. <http://www.eetimes.com/showArticle.jhtml?articleID=206105179>
5. Building Cutting-Edge Server Applications with Hyper-Threading Technology. White Paper. Intel Corporation. 2002. – 10 p.

SEUA (POLYTECHNIC). The material is received 12.04.2013.

Տ.Հ. ՇԱՀԻՆՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՄԱՆ ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ԾՐԱԳՐԵՐԻ ԶՈՒԳԱՀԵՌ ԹԵՍՏԱՎՈՐՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

Ներկայացված է ավտոմատ թեստերի (ԱԹ) զուգահեռ բաշխման և թեստավորման ժամանակի կրճատման մեթոդ: Մեթոդի հիմքում ընկած է Linux օպերացիոն համակարգի (ՕՀ), ինչպես նաև ժամանակակից բազմապրոցեսորային քումփյուրերների հնարավորությունների կիրառման սկզբունքը: Առաջարկված մեթոդն իրականացված է Linux ՕՀ-ի փաթեթում առկա սկրիպտավորման լեզուներով, ինչը չի պահանջում ֆինանսական ծախսեր: Hyper-Threading տեխնոլոգիայի հիման վրա մշակված բազմապրոցեսորային քումփյուրերների կիրառումը թույլ է տալիս N պրոցեսոր ունեցող քումփյուրերի վրա բաշխել 2N անկախ ԱԹ-եր, ինչը ապահովում է թեստավորման ժամանակի կրճատում՝ համեմատած N հատ ԱԹ-երի զուգահեռ բաշխման հետ:

Առանցքային բառեր. ծրագրերի զուգահեռ թեստավորում, թեստավորման բաշխում, linux սկրիպտավորում:

Т.О. ШАГИНЯН

МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Представлен метод параллельного распределения автоматических тестов (АТ) и уменьшения времени тестирования. В основе метода лежит использование возможностей операционной системы (ОС) Linux, а также современных многопроцессорных компьютеров. Предложенный метод реализован с использованием языков скриптинга, входящих в пакет ОС Linux, что не требует финансовых затрат. Использование компьютеров, разработанных на основе технологии Hyper-Threading, позволяет параллельно распределять 2N АТ на компьютерах с N процессорами, что обеспечивает уменьшение времени тестирования по сравнению с распределением N параллельных АТ.

Ключевые слова: параллельное тестирование программ, распределение тестирования, линукс-скрипирование.

Ն.Դ. ԵԶԱԿՑԱՆ, Ռ.Հ. ՄԻՄՈՆՅԱՆ, Ա.Գ. ՂՈՒԼՅԱՆ

ՍՊԻՐՈՄԵՏՐԵՐ ՏՐԱՄԱՉԱՓՈՂ ՍԱՐՔ

Նկարագրված է սարք, որը նախատեսված է շնչառության պարամետրերի գոյություն ունեցող չափիչների՝ սպիրոմետրերի տրամաչափման համար: Մարքը կատարում է մարդու ներշնչմանը (արտաշնչմանը) համարժեք գործողությունը և ելքում տալիս է չափվող պարամետրերի (շնչառության հաճախություն, ծավալ, ներշնչված և արտաշնչված օդի արագություններ, ջերմաստիճան) համապատասխան լարումները:

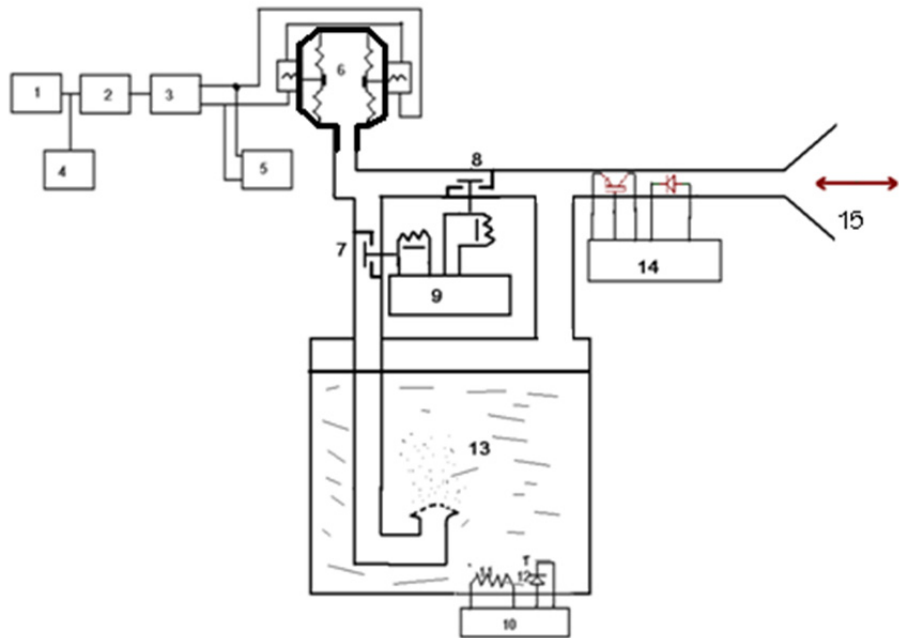
Առանցքային բառեր. շնչառություն, ներշնչում, արտաշնչում, ծավալ, ջերմաստիճան, պոմպ, հաճախություն, արագություն:

Հաշվի առնելով, որ մարդու կենսունակության համար արտաքին շնչառության ֆունկցիան կարևորագույններից է, մեր կողմից մշակվել է սարք, որը կօգնի բարձր ճշտությամբ տրամաչափարկել սպիրոմետրերի տեխնիկական տվյալները, այդ թվում.

- ներշնչվող (կամ արտաշնչվող) օդային հոսքի ջերմությունը,
- ներշնչվող (կամ արտաշնչվող) օդային հոսքի վայրկենական արագությունը,
- արտաքին շնչառության ծավալը,
- շնչառության հաճախությունը ներշնչման կամ արտաշնչման տևողությունները:

Հայտնի են սարքեր շնչառության պարամետրերի տրամաչափարկման համար: Դրանցից են “Կարբոնիկ”- շնչառական մարգասարքը [1-4], գաբարիտային բավականին մեծ չափսերով արտաքին շնչառության պարամետրերի ստենդ-նմանակիչը, որն ապահովում է քիմիական, ինչպես նաև շնչառության ֆիզիկական պարամետրերի տրամաչափարկումը [4]: Նշենք, որ դրանք իրենց հնարավորություններով չեն ապահովում շնչառության տրամաչափարկման համար անհրաժեշտ բոլոր պարամետրերի տրամաչափումը: Առաջինում նկարագրված սարքն ապահովում է ներշնչման աշխատանքային ծավալի տրամաչափումը, ունի համեմատաբար փոքր զանգված և չափսեր, իսկ երկրորդում նկարագրվածը բավականին թանկ է, և ոչ բոլոր բժշկական հաստատությունները կարող են ձեռք բերել այն: Մեր կողմից մշակվել է առավել լայն հնարավորություններով և մեծ ճշգրտությամբ ու համեմատաբար էժան սարք:

Մշակված տրամաչափիչի կառուցվածքային սխեման ցուցադրված է նկարում.



Նկ. Մարքի ֆունկցիոնալ սխեման

Մարքը բաղկացած է ղեկավարվող պոմպից, որն ապահովում է օդի ներշնչման և արտաշնչման գործողությունները, ջերմակայունացուցից, արագության չափիչից:

Պոմպի ղեկավարող սխեման կազմված է հետևյալ հիմնական հանգույցներից.

1- Հաստատուն լարման կարգավորվող աղբյուր, 2- լարում-հաճախականության ձևափոխիչ, 3- հզորության ուժեղարար – ՀՈԻ, 4- թվային վոլտմետր – ԹՎ, 5- լարման ամպլիտուդի չափիչ, 6- էլեկտրամագնիսական պոմպ, 7- արտամղվող օդային հոսքի փական, 8- ներքաշվող օդի փական, 9- փականների ղեկավարման հանգույց: 10 -ջերմակայունացուցի մեջ մտնում են հետևյալ հանգույցները՝ 11- ջեռուցիչ, 12- ջերմատվիչ, 13- ջրով լցված անոթ, 14- օդի հոսքի արագության չափիչի մեջ մտնում են օդի հոսքի ջերմատվիչը և միկրոջերմակայունացուցիչը:

Պոմպը ղեկավարող հանգույցում 1 հաստատուն լարման աղբյուրի ելքի լարումը տրվում է 4 թվային վոլտմետրին (ԹՎ) և միաժամանակ տրվում է 2 ձևափոխիչին: 2-ի ելքի լարումը տրվում է 3 ՀՈԻ-ին: ՀՈԻ-ի ելքային լարումը տրվում է 6 պոմպի փաթյուններին և միաժամանակ 5 լարման ամպլիտուդի չափիչին:

Տրամաչափիչն աշխատում է հետևյալ կերպ: 6 պոմպը կատարում է մարդու ներշնչման և արտաշնչման ֆունկցիաները: 6 պոմպի՝ ներշնչմանը համապատասխանող գործողության ժամանակ բացվում է 8 փականը, և միաժամանակ փակվում է 7-ը, և ամբողջ կիսապարբերության ընթացքում օդը 15 փողորակից մտնում է 6 պոմպի մեջ: Երբ այդ կիսապարբերությունն ավարտվում է, 7 փականը բացվում է, 8-ը փակվում

է, և միաժամանակ պոմպը կատարում է արտաշնչմանը համարժեք գործողություն: Այս գործողության ժամանակ օդը պոմպից դուրս է մղվում և 7-րդ բաց փականով լցվում անոթի մեջ:

Ջրում օդային հոսքը վերածվում է միկրոպղպեղների, որոնք, անցնելով ջրային միջավայրով, մինչև մակերեսին հասնելը ջերմակայունանում են՝ շրջակա ջրի ջերմաստիճանին համապատասխան, խոնավանում և մղվում են դեպի 15 փողրակ: Քանի որ անոթի ջրի ջերմաստիճանը փոփոխվում է շրջապատի ազդեցությամբ, դրա համար օգտագործում ենք 10 ջերմակայունացման համակարգը: Որպես ջերմատվիչ օգտագործում ենք ուղիղ շեղումով p -ո անցումը, որի հոսանքի կայունության դեպքում լարումը ջերմությունից գծային ֆունկցիա է ջերմության լայն տիրույթում:

15 փողրակին մոտ տեղավորված է օդի հոսքի արագության 14 չափիչը, որը ներկայացնում է հաստատուն ջերմաստիճանի անեմոմետր և պատրաստված է համաձայն [5]-ի:

4 վոլտմետրը չափում է ներշնչման կամ արտաշնչման գործողության հաճախությունը, քանի որ 2 հանգույցի ելքային լարման հաճախությունը ուղիղ համեմատական է 1 մուտքի հաստատուն լարման մեծությանը: Գծայնությունից շեղումը կազմում է ոչ ավելի, քան 0,2%: 5 վոլտմետրով չափում ենք 3-ի ելքի ամպլիտուդը, որը համեմատական է 6 պոմպի ներշնչման կամ արտաշնչման ծավալին, իսկ 14 հանգույցի ելքում ունենք հոսքի արագությանը համեմատական լարում [5]:

Մեր կողմից մշակված սարքի հիմնական տեխնիկական պարամետրերն են.

- օդային հոսքի ծավալը ներմդման կամ արտամդման ժամանակ՝ 450 մլ,
- ներմղվող կամ արտամղվող օդի ջերմաստիճանը՝ $0 \pm 50^\circ$,
- ներմդման կամ արտամդման գործողության հաճախությունը՝ 0,1...10 Հց,
- նմանակի չափված պարամետրերի թույլատրելի սխալը՝ $\leq 1,5\%$,
- պոմպի չափսերը՝ 210*210*220 մմ³,
- սնուցման լարումը՝ 220 Վ, 50 Հց, ≤ 100 Վտ:

Այսպիսով, նկարագրված սարքը նմանակում է մարդու արտաքին շնչառության ֆունկցիան և տրամաչափման համար տալիս է բոլոր պարամետրերի թվային արժեքները, որոնք անհրաժեշտ են սպիրոմետրերի տրամաչափարկման համար:

Նմանակը կարող է հիմք հանդիսանալ արտաքին շնչառության պարամետր չափող սարքերի բարձր ճշտությամբ տրամաչափարկման համար, և կարող է լայնորեն կիրառվել ինչպես հիվանդանոցային, այնպես էլ ամբուլատորային պայմաններում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Куликов В.П., Беспалов А.Г., Якушев Н.Н.** Профилактика инсульта с помощью гиперкапнически-гипоксического прекондиционирования в эксперименте // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2008. - №9. – С. 261- 264.
2. **Куликов В.П., Беспалов А.Г., Якушев Н.Н.** Состояние мозговой гемодинамики при долговременной адаптации к гиперкапнической гипоксии // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2008. - №2. – С. 191-197.
3. **Куликов В.П., Беспалов А.Г., Якушев Н.Н.** Эффективность тренировок с гиперкапнической гипоксией в реабилитации ишемического повреждения головного мозга в эксперименте // Вестник восстановительной медицины. – 2008. - №2. – С. 59-61.
4. <http://www.med-magazin.ru>,
5. А.с. 1569719. Устройства для одновременного измерения температуры и скорости потоков / **Р.А. Симонян и Д.Э. Торикян.**

ՀՊՃՀ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 10.05.2013:

Н.Д. ЕЗАКЯН, Р.Г. СИМОНЯН, А.Г. ГУЛЯН

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КАЛИБРОВКИ СПИРОМЕТРОВ

Описано устройство, предназначенное для калибровки существующих измерителей параметров дыхания, т.е. для калибровки спирометров. Устройство позволяет производить действия, соответствующие вдоху (выходу) человека, и дает на выходе соответствующие напряжения измеряемых параметров (частота дыхания, объем, скорость вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, температура).

Ключевые слова: дыхание, вдох, выдох, объем, температура, насос, частота, скорость.

N.D. YEZAKYAN, R.H. SIMONYAN, A.G. GHULYAN

A SPIROMETER CALIBRATING DEVICE

A device for calibrating the existing meters of respiration parameters, i.e. for calibrating the spirometers is designed. The device allows to carry out operations and, as a result, introduces the corresponding voltages of the parameters measured (breathing frequency, volume, the speed of the air inhaled and breathed out, temperature).

Keywords: respiration, breathing in, breathing out, volume, temperature, pump, frequency, speed.

А.Г. АРУТЮНЯН, Л.Л. МХИТАРЯН

УПРАВЛЕНИЕ ДЛИНАМИ ЦЕПЕЙ ПРИ НАЧАЛЬНОМ РАЗМЕЩЕНИИ
ЛОГИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Предложен метод начального размещения логических ячеек цифровых интегральных схем (ИС), основанный на предварительной оценке резервов времени цепей и дальнейшем их использовании для управления длинами цепей. Данный метод обеспечивает повышение быстродействия проектируемой ИС.

Ключевые слова: цифровая интегральная схема, резерв времени, критический путь, логическая ячейка, начальное размещение.

Введение. В ИС задержка сигнала на некотором пути вход-выход состоит из двух составляющих, представляющих собой суммарные задержки, соответственно, всех логических ячеек и межсоединений, лежащих на рассматриваемом пути. При этом быстродействие некоторой комбинационной схемы определяется задержкой сигнала в критических путях вход-выход с максимальной задержкой. С уменьшением технологических размеров и увеличением интеграции ИС доля задержки сигналов в линиях связи увеличивается и в современных ИС достигает до 80...90% от общей задержки сигнала. Следовательно, быстродействие современных цифровых ИС во многом зависит от временных задержек сигнала в межсоединениях. Эти задержки определяются RC параметрами линий связи, которые, в свою очередь, при определенной технологии в основном зависят от их длин. Окончательные длины межсоединений определяются при решении задачи трассировки, результаты которой во многом предопределяются размещением элементов. С этой целью в настоящее время во всех развитых САПР ИС внедряются средства размещения с учетом задержек в цепях, называемые методами управляемого временем размещения [1].

Управляемое временем размещение в основном предназначено для обеспечения минимальной длины межсоединений, лежащих на критических путях, и, следовательно, минимальной задержки сигнала на этих путях. В результате получаются некоторые целенаправленные топологические последовательности цепей от входов к выходам схемы.

Необходимость разработки новых методов управляемого временем размещения, продиктованная повышением быстродействия ИС и интеграции, а также масштабированием технологии, обусловлена следующими основными факторами:

- растущая доля задержек в межсоединениях по сравнению с задержками в логических вентилях;

- повышение функциональной интеграции ИС, что приводит к увеличению доли глобальных межсоединений и, как следствие, еще большему увеличению доли задержек в межсоединениях;
- увеличение тактовой частоты ИС, что приводит к более жестким требованиям к задержке сигнала на критических путях комбинационных схем;
- увеличение числа ИС типа систем на кристалле и многокристальных модулях, что диктует новые вызовы к управляемому временем размещению.

Состояние вопроса. Методы управляемого временем размещения могут быть сгруппированы в два класса: основанный на пути и основанный на цепи.

Подход, основанный на пути, непосредственно воздействует на все или подмножество путей вход-выход схемы [2]. Так как каждая логическая ячейка подключается к двум или более ячейкам, то управление длинами межсоединений критических путей затрагивает множество других цепей, в результате чего из-за увеличения длин цепей, которые подключены через лежащие на критических путях общие ячейки, может наблюдаться увеличение суммарной длины межсоединений ИС. При этом уменьшение задержки на критических путях может привести к появлению новых критических путей. В настоящее время эта проблема решается путем применения итерационных алгоритмов улучшения размещения с пошаговым уменьшением длин межсоединений критических путей до достижения приемлемых значений задержек.

Подход, основанный на цепи, имеет дело с отдельными цепями схемы. При этом, сокращая длины лежащих на критических путях отдельных цепей, можно добиться сокращения суммарной задержки путей [3]. Оба подхода имеют преимущества и недостатки по различным параметрам, таким как: машинное время, простота реализации, управляемость и т.д.

Основным недостатком метода, основанного на пути, является потребность больших машинных ресурсов при их реализации. Эти методы применяются на этапе оптимизации размещения, а их эффективность во многом зависит от результатов предварительного начального размещения.

Основной сложностью реализации метода, основанного на цепи, является трудность определения таких допустимых границ задержек в отдельных цепях, которые не привели бы к увеличению суммарных задержек критических путей и, как следствие, к повышению быстродействия схемы.

Предлагаемый в настоящей работе подход основан на оценке нижних и верхних допустимых границ задержки сигнала в отдельных цепях и тем самым возможности управления длинами межсоединений отдельных цепей при начальном размещении ячеек.

Описание метода. Предлагаемый метод управляемого временем размещения предполагает предварительную оценку раннего и позднего времен формирования сигнала и резервов времени всех цепей схемы, с помощью которых в

дальнейшем управляются длины цепей. Метод можно отнести к основанным на цепи подходам, однако в отличие от существующих алгоритмов начального размещения, в которых реализуется последовательное размещение ячеек по максимуму связности, в настоящей работе предлагается новый подход, основанный на предварительном размещении цепей. Учитывая тот факт, что длины цепей определяются лишь после их трассировки, в задаче управления временем размещения становится важным моделирование длин межсоединений для оценки задержек [4].

Самым простым и наиболее широко используемым методом оценки длин цепей является полупериметрический метод.

Пусть для i -й цепи $x_{min}, y_{min}, x_{max}, y_{max}$ - соответственно минимальные и максимальные координаты минимального прямоугольника, охватывающего все контакты данной цепи. Тогда по полупериметрической модели длину i -й цепи (L_i) можно оценить по формуле

$$L_i = x_{max} - x_{min} + y_{max} - y_{min}. \quad (1)$$

Отметим, что это нижняя оценка длины цепи. Однако указанный метод дает точную оценку для цепей с количеством контактов не более трех и приемлемую, с инженерной точки зрения, точность оценки для большинства других цепей. Если учесть, что в большинстве реальных проектов ИС цепи с двумя и тремя контактами преобладают и составляют примерно 85% всех цепей, то на практике становится вполне оправданным применение полупериметрической модели [5].

Предлагаемый подход реализует следующие шаги:

1. Определение раннего и позднего времен формирования сигнала и резерва времени всех цепей схемы при линейном размещении ячеек.
2. Определение линейных координат, соответствующих раннему времени формирования сигнала всех цепей схемы.
3. Определение предварительных линейных координат ячеек с учетом резервов времени инцидентных им цепей. При этом допускаются взаимные перекрытия ячеек.
4. Легализация размещения ячеек. При этом ячейки выстраиваются в плотный линейный ряд с исключением перекрытий.
5. Двумерное превращение линейного размещения ячеек в соответствии с заданным отношением размеров сторон топологии.

1. Определение раннего и позднего времен формирования сигнала основано на статическом временном анализе схемы. Под ранним временем формирования сигнала для некоторой цепи (T_p) будем понимать минимальное время, необходимое для формирования правильного сигнала в данной цепи, начиная с момента

появления сигнала на основных входах схемы. Это время для некоторой i -й цепи (T_{pi}) определяется следующим образом:

$$T_{pi} = \begin{cases} T_{0k} & \text{для } k \in I, \\ \max_{j \in E_1(j,i)} [T_{pj} + t_{(j,i)}] & \text{для остальных цепей,} \end{cases} \quad (2)$$

где T_{0k} - момент появления сигнала на k -ом основном входе схемы; I - множество основных входов схемы; T_{pj} - раннее время формирования сигнала j -й цепи; $t_{(j,i)}$ - задержка ячейки, для которой j -я цепь является входной, а i -я - выходной; $E_{1(j,i)}$ - множество входных цепей ячейки, для которой j -я цепь является входной, а i -я - выходной.

Под поздним временем формирования сигнала для некоторой цепи (T_{ni}) будем понимать ту максимальную суммарную задержку от основных входов схемы до данной цепи, которая еще не приводит к опозданию сигнала на основных выходах схемы. Для некоторой i -й цепи (T_{ni}) она определяется следующим образом:

$$T_{ni} = \begin{cases} \max_{i \in O} T_{pi} & \text{для } i \in O, \\ \min_{j \in E_2(i,j)} [T_{nj} - t_{(i,j)}] & \text{для остальных цепей,} \end{cases} \quad (3)$$

где O - множество основных выходов схемы; T_{nj} - позднее время формирования сигнала j -й цепи; $t_{n(j,i)}$ - задержка ячейки, для которой i -я цепь является входной, а j -я - выходной; $E_{2(j,i)}$ - множество входных цепей тех ячеек, для которых i -я цепь является входной.

Как видно из формулы (3), позднее время формирования сигнала всех цепей, соответствующих основным выходам схемы, принимается равным максимальному значению ранних времен формирования сигнала на этих же выходах. Это делается с целью предотвращения дополнительного опоздания формирования правильного сигнала на основных выходах схемы. Таким образом, хотя бы для одной выходной цепи будет соблюдаться равенство раннего и позднего времен формирования сигнала.

Под резервом времени i -й цепи будем понимать разность позднего и раннего времен формирования сигнала данной цепи:

$$R_i = (T_{ni} - T_{pi}). \quad (4)$$

С точки зрения проектировщика, резерв времени некоторой цепи показывает ту максимальную задержку на межсоединениях данной цепи, которая еще не приводит к опозданию формирования правильного сигнала на основных выходах схемы. Цепи с нулевым резервом времени определяют критические пути от основных входов до основных выходов схемы. Любая задержка на межсоединениях этих цепей приводит к опозданию сигнала на основных выходах схемы.

2. Линейные координаты цепей определяются с учетом следующих соображений:

- при обработке информации последовательность формирования сигнала в цепях производится с учетом увеличения значений ранних времен формирования сигнала в соответствующих цепях;

- максимальному значению раннего времени формирования сигнала $T_{p\max}$ соответствует максимальный линейный размер $L_{(G)\max}$ линейки размещения ячеек, равный суммарной длине всех ячеек, а линейная координата раннего времени формирования сигнала в некоторой i -й цепи $L_{(G)pi}$ пропорциональна значению задержки T_{pi} этой цепи и определяется следующим образом:

$$L_{(G)pi} = \frac{L_{(G)\max}}{T_{p\max}} T_{pi}. \quad (5)$$

С целью управления длинами цепей при размещении ячеек введем некоторый весовой коэффициент важности цепи, который будет определяться относительным значением разницы резерва времени данной цепи от максимального. Так как длина цепи обратно пропорциональна ее резерву времени, а также учитывая, что $R_{\min} = 0$, весовой коэффициент K_j для некоторой j -й цепи можно определить по формуле

$$K_j = 1 - \frac{R_j}{R_{\max}}. \quad (6)$$

3. Предварительная линейная координата некоторой i -й ячейки $L_{(C)i}$ с учетом инцидентности цепей этой ячейки определяется по ее средневзвешенному значению следующим образом:

$$L_{(C)i} = \frac{\sum_{j \in G_{Ci}} L_{(G)pj} K_j}{\sum_{j \in V_{Ci}} K_j}, \quad (7)$$

где $L_{(G)pj}$ - координата, соответствующая раннему времени формирования сигнала в j-й цепи; K_j - весовой коэффициент j-й цепи; $V_{(C)i}$ - множество цепей, инцидентных ячейке C_i .

4. Легализация размещения ячеек производится путем их плотного линейного упорядочения по мере возрастания их предварительных линейных координат.

5. Двумерное превращение линейного размещения ячеек производится путем их меандрообразной трансформации в соответствии с заданным отношением размеров сторон топологии [1].

Практическая реализация и результаты. На основе вышеприведенного метода разработан программный инструмент начального размещения логических ячеек цифровых схем, эффективность которого проверена на тестовых схемах.

Для простоты рассмотрим простейший пример размещения ячеек сгенерированной нами тестовой схемы под условным обозначением a28, Verilog описание которой приведено на рис. 1. Параметры логических ячеек выбраны из библиотеки стандартных ячеек, разработанной в учебном департаменте компании “Син-опсис Армения” [6]. В табл.1 приведены задержки и топологические длины логических ячеек тестовой схемы для указанной библиотеки.

```
module a1(G1,G2,G3,G4,G5,G6,G7,
G8,G9,G10,G11,G12,G13,G14,G15,G16,G17);
input G1,G2,G3,G4,G5, G6;
output G16,G17;
wire G7,G8,G9,G10,G11,G12,G13,G14;
not NOT1_1(G1,G7);
nor NOR2_1(G2,G3,G8);
and AND2_1(G4,G7,G9);
nor NOR2_2(G3,G5,G10);
nor NOR2_3(G7,G8,G11);
not NOT1_2(G8,G12);
or OR2_1(G3,G9,G13);
or OR2_2(G9,G10,G14);
nor NOR2_4(G6,G10,G15);
nand NAND3_1(G11,G12,G15,G16);
nand NAND3_2(G12,G13,G14,G17);
endmodule
```

Рис. 1. Verilog описание тестовой схемы a28

Значения раннего и позднего времен формирования сигнала, резерва времени и соответствующих линейных координат цепей определяются соответственно с помощью формул (2)-(4). Пользуясь формулой (5), определяются предварительные линейные координаты ячеек.

Таблица 1

Задержки и топологические длины логических ячеек тестовой схемы a1

Тип ячейки	NOT1x8	NOR2x1	NOR2x2	AND2x2	OR2x1	NAND3x1
Задержка (нс)	39	64	66	96	85	130
Длина (мкм)	4,95	2,24	3,2	2,88	2,56	4,16

На рис. 2 приведена графическая модель предварительного линейного размещения ячеек с указанием линейных координат раннего и позднего времен формирования сигнала каждой цепи тестовой схемы.

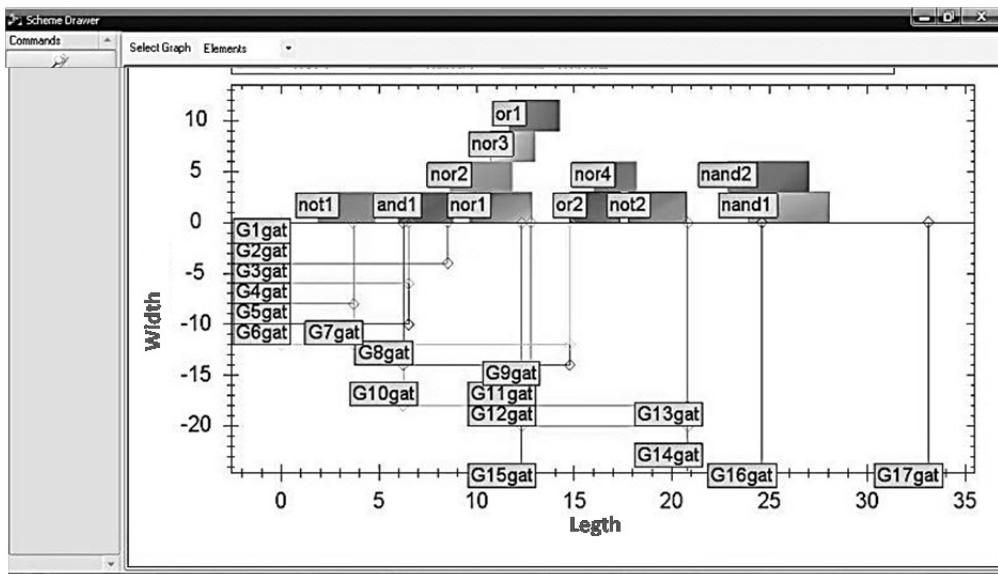


Рис. 2. Графическая модель предварительного линейного размещения ячеек тестовой схемы a28

Далее производится легализация размещенных ячеек в линейный ряд и его двумерное превращение в соответствии с заданным отношением размеров сторон топологии. В качестве координат отсчета приняты левые нижние края ячеек.

Полученные результаты двумерного размещения ячеек тестовой схемы при отношении размеров сторон топологии 1:2 приведены на рис. 3. На рисунке приведены также графические полупериметрические модели цепей.

Эффективность предложенного метода проверялась анализом задержек цепей. С целью временного анализа результатов размещения в алгоритмах управляемого временем размещения необходимо произвести переход от оценки длин цепей к оценке задержек сигнала в этих цепях.

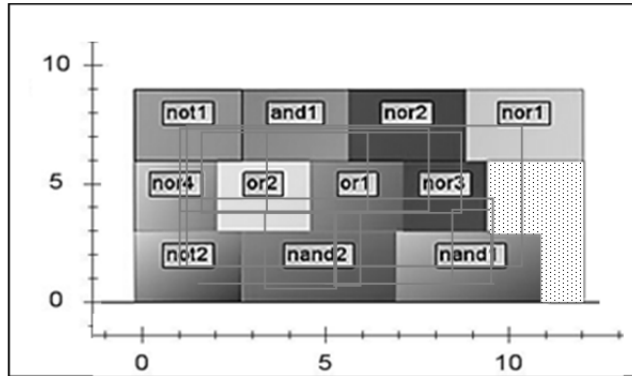


Рис. 3. Окончательное размещение ячеек тестовой схемы a28

Оценка задержки сигнала производилась по упрощенной эльморовской модели RC задержки, дающей достаточную точность и требующей сравнительно малого времени расчетов. Если считать пороговым напряжением середину логического перепада, то в зависимости от длины i -й цепи время задержки можно оценить с помощью двух типов моделей - с сосредоточенными и рассредоточенными параметрами [7]:

$$T_{ni} = \begin{cases} 0,69rcL_i & \text{для } L_i \leq 120\tau_{min} \text{ мкм}, \\ 0,38r_0c_0L_{0i}^2 & \text{для остальных цепей,} \end{cases} \quad (8)$$

где r , c и L_i - соответственно погонное сопротивление [Ом/мкм], емкость [$\phi\Phi$ /мкм] и длина [мкм] данной цепи, определяемая по полупериметрической модели (1); τ_{min} - минимальная задержка размещаемых логических ячеек [нс],

$$r_0 = 120\tau_{min}r, \quad c_0 = 120\tau_{min}c, \quad L_{0i} = \frac{L_i}{120\tau_{min}}.$$

При расчетах по формуле (8) принимается $\tau_{min} = 39$ нс (см. табл. 1), а для r_0 и c_0 приняты следующие значения - 320 Ом/мкм и 1,8 $\phi\Phi$ /мкм, соответствующие 90 нм-овой технологии [8].

Результаты расчетов для рассмотренной выше тестовой схемы и некоторых тестовых схем серии Iscas 85 приведены в табл. 2.

Как видно из данных таблицы, предложенный метод размещения обеспечивает, в зависимости от сложности схемы, сокращение длин критических цепей от 20 до 80% и более по сравнению с цепями с максимальным резервом времени.

Отметим также, что так как с уменьшением технологических размеров ИС доля задержек сигнала в межсоединениях увеличивается, то эффективность предложенного метода соответственно будет увеличена.

Таблица 2

Результаты расчетов задержек при размещении ячеек тестовых схем

Параметры	Обозначение тестовой схемы				
	C17	a28	C432	C1908	C5315
Количество ячеек	6	11	160	880	2307
Количество цепей	11	17	272	1028	3008
Задержки путей, обусловленные только логическими ячейками [нс]:					
с максимальным резервом	102	194	701	1250	89
со средним резервом	0	235	1070	1842	1750
критические	153	350	1453	2475	3414
Задержки путей, обусловленные только цепями [нс]:					
с максимальным резервом	4	4,4	119	331	155
со средним резервом	0	8	108	648	954
критические	5	7,8	249	597	944
Средняя задержка одной цепи [нс]:					
с максимальным резервом	2	4,4	8,5	32	77
со средним резервом	0	3,2	5,4	15	27
критические	1,6	2,6	3,5	12	14
Относительное уменьшение задержки цепи $((\tau_{\max} - \tau) / \tau_{\max}) 100\%$:					
с максимальным резервом	0	0	0	0	0
со средним резервом	-	28	37	54	65
критические	20	41	59	63	82

Заключение. Предложен метод управляемого временем размещения стандартных ячеек цифровых ИС с учетом задержек распространения сигнала в цепях. Рассмотрен пример линейного размещения стандартных ячеек тестовой схемы с дальнейшей трансформацией в двумерное. Апробация метода для размещения ячеек ряда тестовых схем показала высокую эффективность по минимизации длин критических цепей и относительной взвешенности длин остальных цепей. Предлагаемый метод может быть внедрен в существующие средства САПР в виде подсистемы начального размещения стандартных ячеек, а полученные результаты могут служить стартовым размещением для дальнейшей оптимизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Naveed A. Sherwani.** Algorithms for VLSI Physical Design Automation. Intel Corporation.- Kluwer Academic Publishers, 2007.- 572 p.
2. How accurately can we model timing in a placement engine/ **A. Chowdhary, K. Rajagopal, S. Venkatesan** et al // In Proc. Design Automation Conf.- 2005.- P. 801–806.
3. **Ren H., Pan D., Kung D.** Sensitivity guided net weighting for placement driven synthesis // IEEE Trans. on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems.- May, 2005 (ISPD'04).- P. 711–721.
4. **Sadiq M., Habib Y.** VLSI Physical Design Automation: Theory and Practice.- World Scientific Publishing, 2004.- 504 p.
5. **Kenneth D., Andrew B., Stefanus M.** On the relevance of wire load models // Proceedings of the 2001 international workshop on System-level interconnect prediction.-ACM Press, 2001.- P. 91–98.
6. Digital Standard Cell Library//SAED_EDK90_CORE DATABOOK: © 2008 SYNOPSYS ARMENIA Educational Department.- Yerevan, 2008. – 96 p.
7. **Rabaey J., Chandrakasan A., Nikolic B.** Digital Integrated Circuits: A Design Perspective, 2nd ed. Englewood Cliffs: NJ.- Prentice- Hall, 2003.- 761 p.
8. Semiconductor Industry Association, International Technology Roadmap for Semiconductors, 2011 Edition, Interconnect [http:// public.itrs.net/](http://public.itrs.net/), 2011.- 92 p.

ГИУА (ПОЛИТЕХНИК). Материал поступил в редакцию 05. 02. 2013.

Ա.Գ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Լ.Լ. ՄԽԻԹԱՐՅԱՆ

ՇՂԹԱՆԵՐԻ ԵՐԿԱՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԿԱՌԱՎԱՐՈՒՄԸ ԹՎԱՅԻՆ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՄԻԿՐՈՍԿՈՓԻ ՏՐԱՄԱԲԱՆԱԿԱՆ ԲԶԻԶՆԵՐԻ ՆԱԽՆԱԿԱՆ ՏԵՂԱԲԱՇԽՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

Առաջարկված է թվային ինտեգրալ սխեմաների (ԻՍ) տրամաբանական բջիջների նախնական տեղաբաշխման մեթոդ՝ հիմնված շղթաների ժամանակային պահուստների նախնական գնահատման և շղթաների երկարությունների կառավարման համար դրանց օգտագործման վրա: Առաջարկված մեթոդն ապահովում է նախագծվող ԻՍ-ի արագագործության աճը:

Առանցքային բառեր. թվային ինտեգրալ սխեմա, ժամանակային պահուստ, տրամաբանական բջիջ, նախնական տեղաբաշխում:

A.G. HARUTYUNYAN, L.L. MKHITARYAN

CONTROLLING THE NET LENGTHS AT INITIAL PLACEMENT OF LOGIC CELLS OF DIGITAL INTEGRATED CIRCUITS

A method for initial placement of logic cells of digital integrated circuits (ICs), based on the preliminary assessment of time reserves of nets and their later use to control the net lengths is proposed. The given method provides an increase in performance of the IC being designed.

Keywords: digital integrated circuit, time reserve, critical path, logic cell, initial placement.

Հ.Ա. ԳՈՄՅՅԱՆ, Գ.Կ. ԵՂՈՅԱՆ, Հ.Դ. ՀՈՒՄԻԿՅԱՆ

ՇԱՐԺԱԿԱՆ ԿԱՊԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԲԶՋԱՅԻՆ ՏԱՐԱԾՔԻ ԿԱՊՈՒՂԻՆԵՐԻ ԹՎԻ ԵՎ ԲԱԺԱՆՈՐԴՆԵՐԻ ՔԱՆԱԿԻ ՄԻՆԹԵԶԻ ՄԵԹՈԴԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Հավանականային մոդելով մշակվել է մեթոդ, որի միջոցով որոշվել են բջջային կապի համակարգի բջջային տարածքի կապուղիների միջին արժեքը, ստանդարտ շեղումը և կապուղիների անբավարարության ռիսկը:

Առանցքային բառեր. բջջային կապ, բջջային տարածք, բաշխման ֆունկցիա, կապուղու թողունակություն, ստանդարտ շեղում:

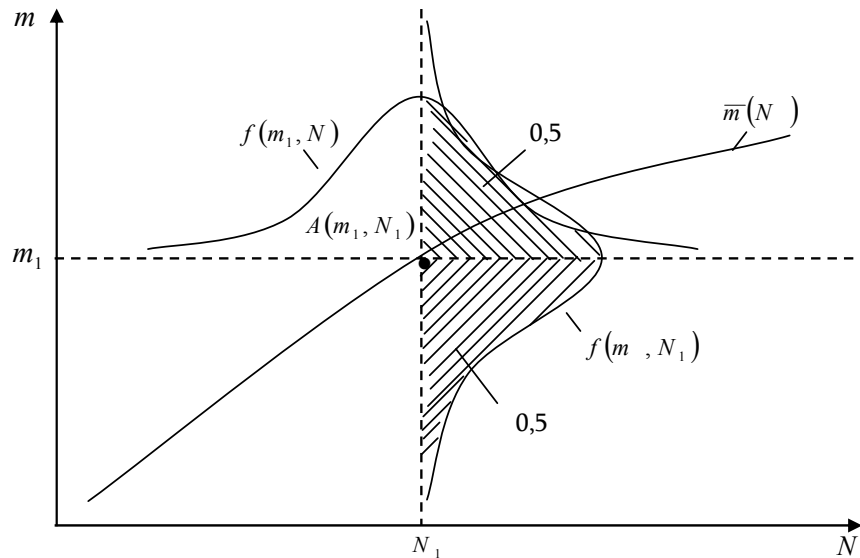
Գոյություն ունեցող բջջային հեռախոսային համակարգերի (ԲՀՀ) կապուղիների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ այդ համակարգերի ոչ բոլոր հնարավորություններն են ամբողջությամբ օգտագործվում: Խնդիրն այն է, որ յուրաքանչյուր տեխնիկական մակարդակին համապատասխանում է կապուղիների ինչ-որ միջին խտություն, որից ցածր խտության դեպքում տվյալ տեխնիկական մակարդակի կապուղիները ամբողջությամբ չեն օգտագործվում, իսկ բարձրի դեպքում կապուղիները չեն բավարարում, այսինքն՝ տվյալ տեխնիկական մակարդակը պիտանի չէ: Այդ պատճառով անհրաժեշտ են մաթեմատիկական մոդելներ, որոնցից օգտվելով հնարավոր կլինի վերլուծել բջջային հեռախոսային համակարգի կապուղիների թողունակությունը և տարբեր որոշումների հետևանքները համակարգի բնութագրերի վրա [1]:

Շարժական կապի համակարգի (ՇԿՀ) բջջային տարածքների (ԲՏ) կապուղիների թվի և բաժանորդների քանակի սինթեզը լուծվում է երկու փուլով:

Առաջին փուլում որոշվում է ԲՏ-ի բաժանորդների N_1 քանակը, որոնք կարող են անխափան կապի մեջ մտնել՝ առանց կանչերի արգելակման, իսկ երկրորդում՝ ԲՏ-ի կապուղիների m_1 թիվը [1,2] (նկ.): Ներկայացնենք յուրաքանչյուր փուլն առանձին խնդրի ձևով:

ԲՏ-ի բաժանորդների քանակի ընտրության ժամանակ հարկ է լինում հաշվի առնել բազում գործոններ: Մասնավորապես, որքան շատ բաժանորդներ կան մեկ ԲՏ-ում, այնքան փոքր է ԲՏ-երի քանակը, մեծ է գործող կապուղիների գումարային թիվը և բջջային տարածքների միջև եղած կապերի թիվը: Մյուս կողմից՝ ԲՏ-երի բաժանորդների քանակի աճի հետ մեծանում է յուրաքանչյուր ԲՏ-ի կապերի քանակը, փոքրանում է ԲՏ-ի միասնականացման աստիճանը, վատանում է հուսալի կապի հավանականությունը և այլն: Վերոհիշյալ և այլ գործոնների հիման վրա ընտրվում է ԲՏ բաժանորդների որոշակի քանակ: Սակայն անկախ այն բանից, թե ինչ նկատա-

ռումներով և ինչ քանակ է ընտրվել ԲՏ-ի N_1 բաժանորդների համար, միշտ անհրաժեշտ է նրանց ապահովել անխափան կապով:



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

Ինչպես ցույց են տվել [1] վերլուծության արդյունքները, հիմնական գործոններից մեկը, որն ազդում է ԲՏ-ի բաժանորդների սպասարկման անխափան կապին, ԲՏ-ի կապուղիների m_1 թիվն է: Խնդիրն այն է, որ N_1 քանակի բաժանորդների պահանջարկի կապուղիների $\overline{m}(N)$ թիվը պատահական մեծություն է: Սա նշանակում է, որ բաժանորդների միևնույն քանակով տարբեր ԲՏ-ների համար ընդհանուր դեպքում պահանջվում են կապուղիների տարբեր քանակներ: Հետևաբար, այն դեպքում, երբ բաժանորդների N_1 քանակի պահանջվող կապերի թիվն ավելի մեծ կլինի, քան ԲՏ-ի կապուղիների m_1 թիվը, ապա ԲՏ-ի ոչ բոլոր բաժանորդների կապերը կիրականան: Այսպիսով, ԲՏ-ի կապուղիների բավարարման (կանչերի իրականացման) հավանականությանը կարելի է իրականացնել որպես այն բանի հավանականություն, որ ըստ բաժանորդների N_1 քանակի՝ պահանջվող կապերի թիվը կլինի ոչ ավելի, քան ԲՏ-ի կապուղիների m_1 թիվը (նկ.1)՝

$$P_n = P[m(N_1) \leq m_1] = P(N_{\text{միջ}} = N_1), \quad (1)$$

որտեղ $N_{\text{միջ}}$ -ԲՏ-ի բաժանորդների միջին քանակն է:

Արտահայտելով այդ հավանականությունը բաժանորդների N_1 քանակի պահանջվող կապուղիների թվի բաշխման խտությամբ՝ կունենանք.

$$P_n = \int_0^{m_1} f(m, N_1) dm, \quad (2)$$

որտեղ $f(m, N_1)$ -ը մակերևույթի հավասարումն է (նկ.1) [2-4]:

Օգտվենք ՔՏ-ի կապուղիների թվի պակասի ռիսկ հասկացությունից, որը ներկայացնում է այն բանի հավանականությունը, որ N_1 քանակությամբ բաժանորդներից պահանջվող կապուղիների թիվն ավելի մեծ կլինի, քան առկա կապուղիների թիվն է.

$$R = P[m(N_1) > m_1] = 1 - P_n: \quad (3)$$

Ինչպես հետևում է (2)-ից և (3)-ից, որքան մեծ է կապուղիների m_1 թիվը, այնքան փոքր է նրանց պակասի ռիսկը, հետևաբար, այնքան մեծ է բոլոր բաժանորդներին անխափան կապով սպասարկելու հավանականությունը: Որպեսզի ՔՏ բոլոր բաժանորդներին ապահովենք հուսալի կապով, պետք է կապուղիների անբավարարության ռիսկը հասցնենք զրոյի:

Համաձայն ՇԿՀ-ի բաժանորդների կապվածության հավանականային մոդելի՝ $m(N_1)$ -ն ունի հավանականությունների նորմալ բաշխում: Դա նշանակում է, որ ցանկացած m_1 վերջավոր արժեքի համար, (2)-ի և (3)-ին համաձայն, $P_n < 1, R > 0$:

Սակայն հայտնի է [5], որ ցանկացած նորմալ բաշխման x պատահական մեծության համար, որի մաթեմատիկական սպասումը m_x է, ստանդարտ շեղումը՝ σ_x , տոկոսի տասնորդական մասի ճշտությամբ իրավացի են հետևյալ արտահայտությունները՝

$$\begin{cases} P(x < m_x) = 0,5, \\ P(x < m_x + \sigma_x) = 0,84, \\ P(x < m_x + 2\sigma_x) = 0,98, \\ P(x < m_x + 3\sigma_x) \approx 1: \end{cases} \quad (4)$$

Սրա հիման վրա կարելի է որոշել տրված N_1 բաժանորդների քանակով ՔՏ-ի կապուղիների m_1 թիվը, որն ապահովում է կապուղիների պակասի ռիսկի սնեռված արժեքը՝

$$\begin{cases} m_1(R = 0.5) = \overline{m}(N_1), \\ m_1(R = 0.16) = \overline{m}(N_1) + \sigma_m(N_1), \\ m_1(R = 0.02) = \overline{m}(N_1) + 2\sigma_m(N_1), \\ m_1(R = 0) = \overline{m}(N_1) + 3\sigma_m(N_1), \end{cases} \quad (5)$$

որտեղ $\overline{m}(N_1)$, $\sigma_m(N_1)$ -ը համապատասխանաբար N_1 բաժանորդների կապուղիների թվի միջին արժեքն ու ստանդարտ շեղումն են:

Ինչպես հետևում է (5)-ից՝

$$m_1(R = 0) = \overline{m}(N_1) + 3\sigma_m(N_1) : \quad (6)$$

Այս դեպքում ապահովվում է կապուղիների թվի պակասի գրոյական ռիսկը, հետևաբար և ԲՏ-երի լցման առավելագույն գործակիցը: Կապուղիների թվի հետագա մեծացումն իմաստ չունի, քանի որ այն բանի հավանականությունը, որ ԲՏ-ի կապուղիների թիվը $[\overline{m}(N_1) + 3\sigma_m(N_1)]$ -ից մեծ կլինի, գործնականորեն հավասար է զրոյի:

Սյուս կողմից՝ առանց նկատելի կորստի կարելի է նվազեցնել կապուղիների թիվը ստանդարտ շեղման մեծության չափով: Ըստ որում, (5)-ի համաձայն՝ ԲՏ-ի բաժանորդների N_1 քանակի սպասարկման հավանականությունը կկազմի 0,98, իսկ կապուղիների թվի պակասի ռիսկը՝ ընդամենը 0,02: Դա նշանակում է, որ բոլոր ԲՏ-երի միայն երկու տոկոսի դեպքում կարող է կապուղիների թիվն ավելի փոքր լինել, քան պահանջվում է, որ բաժանորդները լրիվ կապի մեջ մտնեն: Դա գործնականորեն չի ազդում ՇԿՀ-ի ԲՏ-ների միջին լցվածության վրա: Այսպիսով, կարելի է հանձնարարել ՇԿՀ-ի ԲՏ-ի կապուղիների թվի ընտրության հետևյալ սկզբունքը՝

$$m_1 = \overline{m}(N_1) + (2 \div 3)\sigma_m(N_1) : \quad (7)$$

Մասնավորապես, եթե $\overline{m}(N_1)$ և $\sigma_m(N_1)$ կախվածությունները որոշվում են համապատասխանաբար $m(N) = m_0 N^\alpha$, $\sigma_m(N) = \sigma_0 N^\alpha$ բանաձևերով, ապա ԲՏ-ի կապուղիների պահանջվող թվի որոշման արտահայտությունն ընդունում է հետևյալ տեսքը՝

$$m_1 = [m_0 + (2 \div 3)\sigma_0] N_1^\alpha, \quad (8)$$

որտեղ m_0, σ_0 - ն համապատասխանաբար ԲՏ-ի մեկ բաժանորդի պահանջվող կապուղու թվի միջին արժեքն ու ստանդարտ շեղումն է, N_1 -ը՝ ԲՏ-ի ազդեցության դաշտում գտնվող բաժանորդների քանակը, α - ն՝ կապուղիների խտության գործա-

կիցը, $0,1 \leq \alpha \leq 0,8$ [1]: $\mathcal{F}\mathcal{S}$ -ի կապուղիների թվի նման ընտրության դեպքում դրանց չբավարարելու ռիսկը կազմում է $R \approx 0 \div 0,02$, և գործնականորեն ապահովվում են $\mathcal{F}\mathcal{S}$ -ի բաժանորդների N_1 քանակի հուսալի կապը, $\mathcal{F}\mathcal{S}$ -երի քանակի և նրանց լցման գործակցի, ինչպես նաև միջբջջային տարածքների կապուղիների գումարային քանակը ՇԿՀ -ում:

Եզրակացություն

1. Այն հավանականությունը, որ $\mathcal{F}\mathcal{S}$ -ի բաժանորդների N քանակի պահանջարկի կապուղիների m թիվը մեծ է, քան $\mathcal{F}\mathcal{S}$ -ի գործող կապուղիների թիվը, կարելի է դիտարկել որպես $\mathcal{F}\mathcal{S}$ -ի կապուղիների անբավարարության ռիսկ:

2. $\mathcal{F}\mathcal{S}$ -ի բաժանորդների ֆիքսված քանակի դեպքում կապուղիների թվի աճի հետ նրանց անբավարար լինելու ռիսկը նվազում է: Ըստ որում, ՇԿՀ-ի $\mathcal{F}\mathcal{S}$ -երի լցման գործակիցը մեծանում է, և փոքրանում են $\mathcal{F}\mathcal{S}$ -երի թիվն ու $\mathcal{F}\mathcal{S}$ -ի գործող կապուղիների (թողունակությունների) գումարային քանակը:

3. $\mathcal{F}\mathcal{S}$ -ի սինթեզի ժամանակ պետք է ձգտել նրա կապուղիների թվի անբավարար լինելու ռիսկերի փոքրացմանը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Գումյան Հ.Ա., Հուսիկյան Լ.Դ.** Բջջային կապի համակարգի դետերմինիստական և հավանականային մոդելների համարժեքության վերլուծությունը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՀՀ 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 Международной молодежной научно-технической конференции. “Современные проблемы радиотехники и телекоммуникации РТ-2013”. - Севастополь, 2013.- С. 135.
3. **Husikyan L.D.** Probability Model of the Mobile System's Channel Capacity // Proceedings of the 7th international conference “Computer Science and Information Technologies.”- Yerevan, 2009. - P. 154-155.
4. **Գումյան Հ.Ա., Հուսիկյան Լ.Դ.** Բջջային կապի համակարգի հավանականային մոդելի վերլուծությունը // Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի ԼՐԱԲԵՐ (ՀՃԱԼ). - Երևան, 2009.- Հատոր 5, N4. - էջ 561-564:
5. **Вентцель Е.С.** Теория вероятностей. – М.: Наука, 1962. – 564 с.

ՀՊՀՀ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 12.05.2013:

О.А. ГОМЦЯН, Г.К. ЕГОЯН, О.Д. УСИКЯН

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНТЕЗА КОЛИЧЕСТВА АБОНЕНТОВ И ЧИСЛА
КАНАЛОВ СОТОВЫХ ЗОН ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ**

С использованием вероятностной модели разработан метод, с помощью которого определяется среднее значение каналов связи мобильных телефонных систем, стандартным отклонением которого обеспечивается риск нехватки каналов.

Ключевые слова: сотовая связь, сотовая зона покрытия, функция распределения, пропускная способность канала, стандартное отклонение.

H.A. GOMTSYAN, G.K. YEGHOYAN, H.D. HUSIKYAN

**DEVELOPING A METHOD FOR SYNTHESISING THE NUMBER OF CHANNELS
AND THE QUANTITY OF USERS IN THE AREA OF MOBILE COMMUNICATION
SYSTEM**

By using the probability model, a method allowing to determine the average values of the mobile communication channels, the standard deviation and the risk of the channel insufficiency is developed.

Keywords: mobile communication, mobile area, distribution function, channel transmittance, standard deviation.

Ա.Ա. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ

P^H -ի ՃՇԳՐԻՏ ՈՐՈՇՄԱՆ ՍԱՐՔ

Հետազոտված է P^H չափող անալոգիական և թվային սարքերի աշխատանքի սկզբունքը: Պարզաբանված են սարքերի աշխատանքի ընթացքում առաջ եկող թերությունները, որոնք հարուցում են P^H -ի չափման ճշգրտության վերաբերյալ կասկածներ: Առաջարկվում է P^H -ի ճշգրիտ չափման մաթեմատիկական ծրագրավորման նոր սարք: Սարքը չի ունենա տրամաբանական սխեմաներով հավաքված էլեկտրական հանգույցներ և բլոկներ, որոնք առաջացնում են P^H -ի չափման ճշտության կասկածներ: Դյուրին կլինի նաև սարքի պատրաստման տեխնոլոգիան:

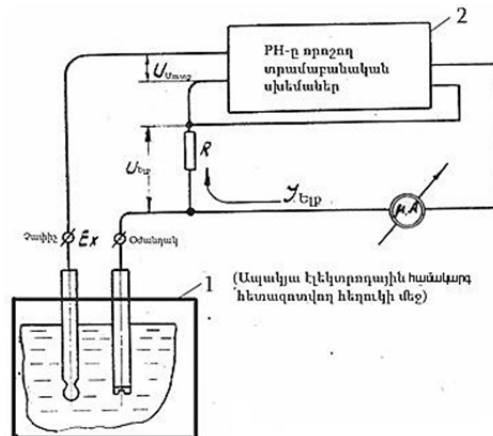
Առանցքային բառեր. միկրոհսկիչ, ստուգաբերում, կարգաբերում, ինտերֆեյս, ապակյա էլեկտրոդներ:

Ներածություն: Մ.Մ. Շուլցը 1951թ. առաջին անգամ թերմոդինամիկայի օրենքների հիման վրա փորձնական եղանակով ապացուցեց ապակյա էլեկտրոդներում ջրածնի իոնների փոխակերպման հիպոթեզը: Դա հիմք հանդիսացավ ապակյա էլեկտրոդների զանգվածային արտադրության համար (տարեկան մինչև 2 միլիոն հատ): Ապակյա էլեկտրոդները հիմնականում հանդիսացան լուծույթներում ջրածնի իոնների ակտիվության աստիճանը որոշող տարրեր: Ջրածնի իոնների ակտիվության շնորհիվ էլեմենտի ելքում առաջանում է պոտենցիալների տարբերություն: Կախված պոտենցիալների տարբերության մեծությունից՝ որոշվում է լուծույթի թթվայնության աստիճանը՝ P^H -ը: Պատրաստվեցին P^H -ի որոշման սարքեր, և էլեկտրոնային համակարգերը դարձան այդ սարքերի անբաժանելի մասը: P^H -ը որոշող սարքերը օգտագործվեցին տարբեր բնագավառներում: Լայն կիրառություն գտան գիտահետազոտական ինստիտուտներում, քիմիայի, կենսաբանության, ագրոքիմիայի և այլ բնագավառներում, միաժամանակ տեղական և շարժական լաբորատորիաներում, դաշտային աշխատանքներում, հիվանդանոցներում, դատական բժշկությունում և այլուր: Ապակյա էլեկտրոդները հիմք հանդիսացան՝ ուսումնասիրելու տարբեր լուծույթներում տեղի ունեցող քիմիական, կենսաբանական, ֆիզիկական և այլ պրոցեսները: Պետք է նշել, որ մինչև օրս արտադրվող սարքերն ունեն բավականին լուրջ թերություններ: Բոլոր սարքերն անխտիր ունեն P^H-ի չափումից առաջ լրացուցիչ գործողություններ կատարելու կարիք: Առաջինը սարքի կարգաբերման աշխատանքն է: Դա բարդ աշխատանք է, որը կատարվում է լրացուցիչ սարքավորումների միջոցով: Երկրորդը սարքի ստուգման աշխատանքն է, որը կատարվում է երեք կետում (ամենաքիչը) բուֆերային լուծույթների միջոցով, ստուգելով կարգաբերման աշխատանքների կատարման ճշտությունը: Լրացուցիչ գործողությունների հետևանքով բոլոր

սարքերում առաջանում են P^H -ի չափման ճշտության կասկածներ: Սարքի պարտադիր կարգաբերման աշխատանքները կատարում են՝ հիմք ընդունելով հետևյալ պայմանները. P^H -ի չեզոք վիճակից կախված ($P^H = 7$), էլեկտրոդային համակարգից ստացված լարման արժեքը՝ $E=0$, ապա սարքի ցուցմունքը պարտադիր պետք է լինի $P^H = 7$: Այսինքն՝ պոտենցիալի $E=0$ արժեքի դեպքում սարքի ցուցմունքները չեն համապատասխանում ցուցատախտակի կամ գալվանական սարքի զրո վիճակին, որը հակասում է գոյություն ունեցող սարքերի պահանջներին: Սարքերում լարման զրո արժեքին համապատասխան ստեղծվում են լրացուցիչ լարման արժեքներ, որի շնորհիվ սարքերը ցույց են տալիս $P^H = 7$ արժեքը: Լրացուցիչ լարման արժեքով կատարվում են կարգաբերման աշխատանքներ: Երբ P^H -ը տատանվում է $-1 \leq P^H = 7 \leq 16$ սահմաններում, լրացուցիչ լարման արժեքից ($P^H = 7$) հանվում կամ գումարվում է իրական պոտենցիալի արժեքը՝ դրական և բացասական նշաններով:

Լրացուցիչ լարման շեղումները բացառելու համար սարքը P^H -ի չափումից առաջ պարբերաբար ենթարկում են ստուգաբերման: Լրացուցիչ լարման արժեքով կատարվում են տրամաչափման աշխատանքներ:

Պոտենցիալների չափման կոմպենսացման մեթոդ: P^H -ի չափման անճշտության պատճառներից է պոտենցիալների չափման կոմպենսացման մեթոդը (նկ. 1): Մեթոդը թույլ չի տալիս էլեկտրոդային համակարգից ստացված լարման արժեքի լիարժեք մեծությունը փոխանցել սարքավորմանը: Դա բավականին լուրջ թերություն է, քանի որ պոտենցիալների արժեքով է որոշվում P^H -ի արժեքը:



Նկ. 1. Կոմպենսացման մեթոդ

Էլեկտրոդային համակարգից ստացված պոտենցիալների տարբերությունը չափվում է R դիմադրության միջով անցնող հոսանքից առաջացած լարման անկման ($R \cdot I$) $U_{\text{էլ}}$ և էլեկտրոդային համակարգից առաջացած լարման տարբերությունը՝ $U_{\text{մուտք}}$ ուժեղացնելով ուժեղացուցչի միջոցով (նկ. 1): Լարման անկումը R դիմադրության վրա ունի E_x էլեմենտի հակառակ ուղղությունը: P^H -մետր սարքի մուտքին

տրվում է հետևյալ լարումը՝ $U_{\text{մուտք}} = E_x - I_{\text{էլք}} \cdot R$, անտեսելով E_x էլշուի իրական արժեքը: Սարքի ներսում օպերացիոն ուժեղացուցչի խոր հետադարձ կապի շնորհիվ սխեմայում մուտքային դիմադրությունը բարձրացնում է 10^{12} Օմ, որի շնորհիվ E_x լարումը համարվում է համարժեք R դիմադրության վրա ընկած լարման անկմանը՝ $E_x = I_{\text{էլք}} \cdot R$: Սա մեծ թերություն է այն առումով, որ լարման ուժեղացուցչի գործակցի տատանման դեպքում ժխտվում է $E_x = I_{\text{էլք}} \cdot R$ հավասարման ճշտությունը: Արդյունքում՝ լարման արժեքի միջոցով է որոշվում P^H -ի մեծությունը՝ անտեսելով E_x էլշուի իրական արժեքը:

Տարբեր պատճառներից առաջացած սխալներ: Վերոհիշյալ լուրջ տեխնիկական սխալներից բացի տրամաբանական սխեմաներով հավաքված բլոկների վրա ազդում են մի շարք լուրջ գործոններ P^H -ի ճշտության աստիճանավորման համար, դրանք են.

ցանցի և շրջապատի էլեկտրական աղավաղումները,

ռադիոտարրերի, միկրոսխեմաների, տրանզիստորների տեխնիկական բնութագրերի տատանումները,

էլեկտրական ցանցի լարման տատանումները,

սարքի ներքին և շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանի տատանումները:

Հարցի վիճակը: Ներածության մեջ գրված թերությունները որոշում են հարցի վիճակի լրջությունը

Թեմայի արդիականությունը: Հարցի վիճակը պայմանավորում է թեմայի արդիականությունը, որը պահանջում է սարքերի վերաբերյալ կատարել հետազոտություն և ընտրել խնդրի լուծման նոր մեթոդիկա՝ զերծ մնալու համար վերոհիշյալ թերություններից: Հետազոտվել են անալոգաթվային և թվային հետևյալ սարքերը.

P^H -121 [1], ՅՅ-74 [2] և P^H -673 [3] ունեն երեք կետից բաղկացած չափաբերում:

Ունեն տրամաչափման աշխատանքներ:

P^H -մետր VARIO [4] արտադրող WTW ֆիրման ունի երեք կետից բաղկացած չափաբերում: P^H -մետրը ունի նաև հիշող սարք, որը հիշում է հիստուն չափում: Սարքը ունի տրամաչափման աշխատանքներ կատարելու անհրաժեշտություն:

P^H -3110 [5] ունի երեք կետից բաղկացած չափաբերում: Ունի տրամաչափման աշխատանքներ կատարելու անհրաժեշտություն:

P^H -մետր AL20PH multiline ունի տասը կետից բաղկացած չափաբերման գրանցում, լրացուցիչ ինտերֆեյս համակարգեր՝ համակարգչին կցվելու համար, և հիշող սարք՝ 10000 բիտի գրանցումով: Ունի տրամաչափման աշխատանքներ կատարելու անհրաժեշտություն:

Լաբորատորային P^H մետր Inolob, PH720 [6] ունի չափաբերում երկու կետից մինչև երեք կետի համար: Ունի տրամաչափման աշխատանքներ կատարելու անհրաժեշտություն:

P^H օբսիմետր մոդել AL20PH [7] արտադրող Aqualytic ֆիրման ունի երեք կետից չափաբերում: Լրացուցիչ ունի փոխակերպիչ ԱԱՊ, ինտերֆեյս համակարգ՝ համակարգչին կցվելու համար: Ունի նաև ծրագրի ապահովում՝ PH-link windows

օպերացիոն համակարգի հետ աշխատելու և ինֆորմացիան թվային կոդերով փոխանցելու համար: Ունի տրամաչափման աշխատանքներ կատարելու անհրաժեշտություն:

Հետազոտման նպատակն էր պարզաբանել, որ վերոհիշյալ սարքերից բոլորը ունեն այնպիսի լրացուցիչ աշխատանքներ կատարելու անհրաժեշտություն, որոնք դառնում են P^H –ի չափման անհրաժեշտությունների պատճառ:

Խնդրի դրվածքը: Պահանջվում է P^H –ի ճշգրիտ չափման մաթեմատիկական ծրագրավորման նոր սարք: Սարքը չպետք է ունենա տրամաբանական սխեմաներով հավաքված էլեկտրական հանգույցներ և բլոկներ, որոնք առաջացնում էին P^H –ի չափման ճշտության կասկածներ:

Խնդրի լուծումը: Խնդիրը լուծելու համար մշակվել են.

պոտենցիալների չափման նոր մեթոդ,

չափող սարքերի մուտքային և էլեկտրոդային համակարգի ելքային դիմադրությունների հավասարեցման ինտերֆեյս,

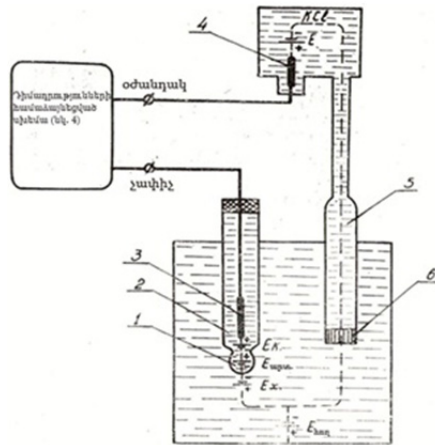
P^H –ը որոշող ճշգրիտ մաթեմատիկական ծրագրավորման մոդելը:

Պոտենցիալների չափման նոր մեթոդ: Ապակյա էլեկտրոդները ընկղմելիս լուծույթի մեջ (նկ. 2) նրանց միջև առաջանում է E_x պոտենցիալը, որի ակտիվությունը որոշվում է լուծույթում գտնվող ջրածնի իոնների քանակով: Ապակյա էլեկտրոդը ձեռք է բերում ջրածնային էլեկտրոդի հատկություն: E_x պոտենցիալը չափելու համար անհրաժեշտ է ստեղծել էլեկտրական շղթա, որի համար օգտագործվում են հպման էլեկտրոդներ (3,4)՝ ներքին հպման էլեկտրոդը (3), որն իրականացնում է էլեկտրական հպում լուծույթի հետ (2), իսկ արտաքին հպման էլեկտրոդը իրականացնում է էլեկտրական հպում ստուգվող լուծույթի հետ: Այս երկու էլեկտրոդների միջև (3 և 4) առաջանում է էլեկտրական շղթա՝ ստուգվող լուծույթի միջոցով, որի հոսանքի մեծությունը չի գերազանցում 1,0 Պա: Համակարգի էլշուն հավասար է թվաբանական էլեկտրաշարժ ուժերի գումարին

$$E = E_k + E_{\text{օժանդ.}} + E_{\text{արտաքին}} + E_x: \quad (1)$$

E_k , $E_{\text{օժանդ.}}$ և $E_{\text{արտաքին}}$ էլշունների գումարի մեծությունը կախված է էլեկտրոդային համակարգի տեսակից և լուծույթի լարման E_x արժեքի վրա չի ազդում, քանի որ նրանք մեկուսացված են հետազոտվող լուծույթից: Համարելով դա E_{const} , կարող ենք գրել, որ՝

$$E = E_{\text{const}} + E_x: \quad (2)$$



Նկ. 2. Էլեկտրոդային համակարգ

Ex-ը էլշուի մեծությունն է ապակյա գնդի արտաքին մակերևույթում և որոշում է լուծույթում ջրածնի իոնների ակտիվության աստիճանը: Քանի որ էլեկտրոդային համակարգը ձեռք է բերում ջրածնի ապակյա էլեկտրոդային համակարգի հատկություն (լիթիումի իոնները գնդի մակերևույթից փոխանակվում են ջրածնի իոններով), ապա ստացված Ex պոտենցիալի իրական արժեքը գտնելու համար օգտվում ենք մեզ հայտնի ջրածնային համակարգից ստացված լարման արժեքից, որտեղ

$$E = 2,3 \frac{RT}{F} \lg \frac{aH}{pH}, \quad (3)$$

որտեղ R-ը ունիվերսալ գազի հաստատունն է, հավասար է $8,315 \cdot 10^7$ էրգ/С° մոլ, T-ն լուծույթի ջերմաստիճանն է, F- 96500 կուլոն/գ* էկվ. (Ֆարադեյի թիվը), $\lg \frac{aH}{pH}$

որոշում է ջրածնի ակտիվությունը լուծույթում (P^H):

Եթե P^H -ը չափվի 1մթ.ճ. տակ, ապա բանաձևը կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$E = -2,3 \frac{RT}{F} \cdot PH : \quad (4)$$

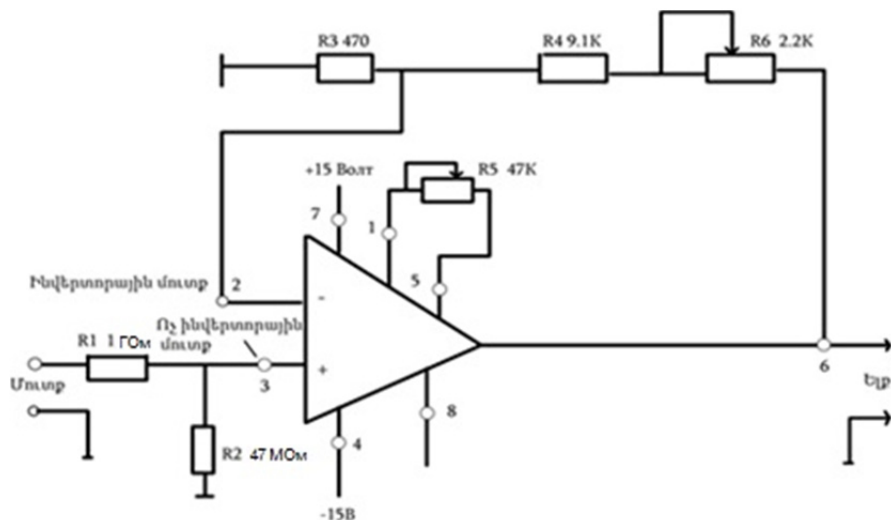
Հետևաբար, հետազոտման էլեկտրոդի էլշուն, որը ձեռք է բերել ջրածնի էլեկտրոդի հատկություն, որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$E = E_0 - 2,3 \frac{RT}{F} \cdot PH, \quad (5)$$

որտեղ E_0 -ն հետազոտվող ապակյա էլեկտրոդի պոտենցիալն է, որը ուղիղ համեմատական է PH-ին՝ լուծույթում թթվայնության աստիճանին:

5-րդ բանաձևից երևում է, որ P^H -ի որոշման համար անհրաժեշտ է Ex -ի լիարժեք և ճիշտ չափում: Դրա համար մշակվել է պոտենցիալների չափման ուղղակի մեթոդը դիմադրությունների համաձայնեցման համակարգի (3) միջոցով, որը հնարավորություն է ընձեռում էլշուի մեծությունը չափել անմիջապես էլեկտրոդի ելքում:

Ներկայիս թվային միլիվոլտմետրերի (միացված անմիջապես էլեկտրոդների ելքին) մուտքային զգայունությունը ռեժիմում (0... 400 μV) չափման սխալը կազմում է 20...25%, իսկ մեկ այլ ռեժիմում այն հասնում է 60%: Չափման արդյունքների հետազոտությունը ցույց է տալիս, որ միլիվոլտմետրի ուղիղ միացումը էլեկտրոդային համակարգին անթույլատրելի է, և անհնարին չափել E_0 -ի լիարժեք լարման մեծությունն է: Դրա պատճառը միլիվոլտմետրի մուտքային դիմադրության և էլեկտրոդային համակարգի ելքային դիմադրության բավականին մեծ տարբերությունն է: Միլիվոլտմետրի մուտքային դիմադրությունը տատանվում է 1 ... 10 Ω -ով, իսկ էլեկտրոդային համակարգի ելքային դիմադրությունը հասնում է 500 ... 1000 Ω -ով: Հետազոտությունից պարզվում է, որ էլեկտրոդների ելքում ուղղակիորեն պոտենցիալի չափման նոր մեթոդը իրականացնելու համար անհրաժեշտ է մշակել չափող սարքերի մուտքային և էլեկտրոդային համակարգի ելքային դիմադրությունների հավասարեցման ինտերֆեյս (նկ. 3):



Նկ. 3. Մուտքային և ելքային դիմադրությունների համաձայնեցման սխեման

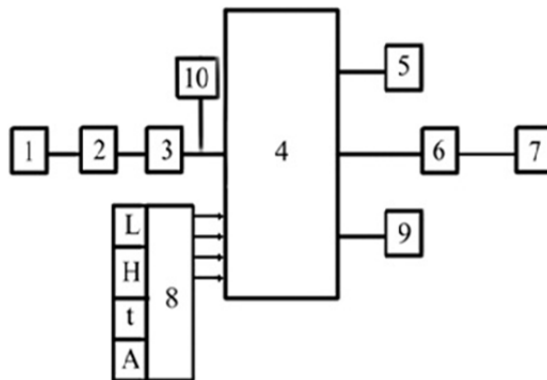
Մշակվել է չափիչ սարքերի և ապակյա էլեկտրոդային համակարգի մուտքային և ելքային դիմադրությունների համաձայնեցման սխեմա (3), որի աշխատանքը ցույց է տրված նկ. 3-ում: Քանի որ էլեկտրոդային համակարգի հոսանքի մեծությունը չի գերազանցում 1.0 μA , ընտրվել է ուժեղացուցիչ՝ շատ չնչին մուտքային հոսանքով: Այդպիսի տեխնիկական տվյալներ ունի Oy սերիայի KP1409B/D1MOP տրանզիստո-

բային կառուցվածքով և OY սերիայի CA3140E միկրոսխեման՝ պատրաստված BiFET տեխնոլոգիայով: Քանի որ OY սերիայի CA3140E միկրոսխեման ավելի կայուն է ջերմաստիճանի նկատմամբ, ապա ընտրվել է վերջինս [11]: Մուտքային դիմադրությունների բաժանարարից կախված ուժեղացուցիչի լարման ուժեղացման գործակիցը նույնպես ընտրվել է $K_y=20(K_y=R_{oc}/R_{ex}=(R_4+R_6)/R_3=11300/470\approx 20)$:

PH-ը որոշող ճշգրիտ մաթեմատիկական ծրագրավորման մոդելը (նկ. 4): Աշխատանքի էությունը պարզաբանվում է պոտենցիալների լիարժեք չափման և P^H -ի ճշգրիտ որոշման մաթեմատիկական ծրագրավորման սարքի բլոկ-սխեմայով (նկ. 4):

Մաթեմատիկական ծրագրավորման սարքի բլոկ-սխեման ունի հետևյալ հանգույցները.

- ապակյա անոթ՝ հետազոտվող լուծույթով (1),
- ապակյա էլեկտրոդային համակարգ (չափիչ օժանդակ էլեկտրոդներով) (2),
- մուտքային և ելքային դիմադրությունների համաձայնեցման համակարգ (3),
- МК ընտանիքին պատկանող MSC 12xx միկրոհսկիչ (4),
- WH-1602 տիպի ցուցատախտակ (5),
- MAX 232CPE տեսակի լարման մակարդակների համաձայնեցման համակարգ (6),
- ծրագրի աշխատանքի համար նախատեսված կոճակների ստեղնաշար (8),
- ZP-3 ձայնային ազդանշան (9),
- համակարգիչ (7), որի միջոցով իրականացվում են միկրոհսկիչում գտնվող հաստատուն հիշող սարքի flash ծրագրավորման աշխատանքները,
- սովորական միլիվոլտմետր (10):



Նկ. 4. Մաթեմատիկական ծրագրավորման սարքի բլոկ-սխեման

Միկրոհսկիչն (4) ունի ներքին, մինչև 23 կիլոբայթ ծավալով, flash հիշող սարք և արտաքին 64 կիլոբայթ ծավալով հիշող սարք միացնելու հնարավորություն: Միկրոհսկիչի ծրագրավորումը կատարվում է համակարգչի (7) com պորտի միջոցով: Հիշող սարքի բեռնավորումը կատարվում է տերմինալ ծրագրով՝ windows օպերացիոն համակարգի միջոցով:

Բլոկ-սխեմայի մեջ հանգույցները իրար հետ կապված են հետևյալ կերպ: Ծրագրավորված միկրոհսկիչի (4) պորտերին միացվում են մուտքային (1,2,3,8,10) և ելքային (5,6,7,9) հանգույցները: Մարքը կարող է հանդիսանալ կամավոր PH -մետրերի աշխատանքի ճշգրիտ ստուգման էտալոն:

Բլոկ-սխեմայի աշխատանքի սկզբունքը (նկ. 4): Մուտքային և ելքային դիմադրությունների համաձայնեցված սխեմայի (նկ. 3) միջոցով Ex էլշու-ի արժեքը փոխանցվում է միկրոհսկիչի(4) անալոգաթվային փոխակերպիչի մուտքին, որտեղ անալոգային ազդանշանները փոխակերպվում են թվային կոդերի: Փոխակերպիչի մաշտաբավորված թվային արժեքները (Ex, PH և toC) կարդացվում են ցուցատախտակի (5) վրա: Ծրագրավորման չորրորդ հավելվածով միկրոհսկիչի (4) I-2C ինտերֆեյս համակարգով և համակարգչի (7) RS232 ինտերֆեյս հանգույցով միկրոհսկիչը (4) ու համակարգիչը (7) լարման մակարդակի հավասարեցման ինտերֆեյսի (6) միջոցով կատարում են ինֆորմացիայի փոխանակում: Նախատեսված թվային ցուցանիշների սահմանների խախտման դեպքում զգուշացվում է ձայնային (9) ազդանշանով: MK ընտանիքին պատկանող MSC12XX միկրոհսկիչը (4) ընտրված է այն կարևոր պայմանով, որ անալոգաթվային փոխակերպիչի արդյունավետության թույլատրելի ունակությունը հնարավորություն է տալիս ստանալ Ex որոշման իդեալական ճշտություն [12, 13]: Կախված Ex-ի ճշտությունից՝ որոշվում է ճշգրիտ PH-ի մեծությունը:

Սարքի էությունն այն է, որ մաթեմատիկական ծրագրավորման մոդելի բլոկ-սխեման, ի տարբերություն գոյություն ունեցող սարքերի, գործում է հատուկ մաթեմատիկական ծրագրով՝ վերացնելով այն բոլոր թերությունները, որոնք գոյություն ունեն վերոհիշյալ սարքերում: Բլոկ - սխեմայի նման օրինակ կարող է ծառայել մանրէների աճեցման կենսատեխնոլոգիական գործընթացների ավտոմատ ղեկավարման համակարգը [8-10]: Բլոկ - սխեման ժամանակակից էլեկտրոնային միկրոհսկիչով հավաքված կառուցվածքային ամբողջականություն է՝ կապակցված մուտքային և ելքային ինտերֆեյս համակարգով:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. P^H -մետր միլիվոլտմետր PH-121 (անձնագիր):
2. P^H -մետր միլիվոլտմետր PH-340 (անձնագիր):
3. P^H -մետր միլիվոլտմետր PH-673 M (անձնագիր):
4. WTW ֆիրմայի VARIO[4] P^H -մետր (տեխնիկական բնութագրերը տե՛ս ինտերնետում):
5. PH-3110 [5] (տեխնիկական բնութագիրը տե՛ս ինտերնետում):
6. Լաբարատորային P^H մետր Inolob, PH720[6] (տեխնիկական բնութագիրը տե՛ս ինտերնետում):
7. Aqualytic ֆիրմայի AL20PH[7] P^H օքսիմետր (տեխնիկական բնութագիրը նայել ինտերնետում). Հայաստանի Հանրապետություն. Մտավոր սեփականության գործակալությունից ստացված արտոնագրեր.

8. Արտոնագիր N1788A2. Մանրէների աճեցման կենսատեխնոլոգիական գործընթացի կառավարման համակարգ / Ա. Հովսեփյան, Լ. Մարկոսյան, Ռ. Մարկոսյան.- 15.06.2006:
9. Արտոնագիր N2044A2. Մանրէների աճեցման կենսատեխնոլոգիական գործընթացի կառավարման համակարգ / Ա. Հովսեփյան, Լ. Մարկոսյան, Ռ. Մարկոսյան, Ռ. Հովհաննիսյան.- 17.12.2007:
10. Արտոնագիր N156U. Մանրէների աճեցման կենսատեխնոլոգիական գործընթացի կառավարման համակարգ / Ա. Հովսեփյան, Լ. Մարկոսյան, Ռ. Մարկոսյան.- 03.11.2008:
11. Справочник радиолюбителя-конструктора.-М.: Радио и связь, 1983.
12. **Редкин П.** Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12XX фирмы Texas instruments. Архитектура, программирование, разработка приложений (+CD). -М.: Издательский дом "Додека-XXI" , 2006.
13. **Редкин П.** Прецизионный вольтметр-генератор на МКSC1211 // Радиожурнал.- 2008.-N4.

Երևանի ՀՀ ԳԱԱ <<Հայկենսատեխնոլոգիա>> գիտաարտադրական կենտրոն
ՊՈԱԿ. Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 04.04.2013:

А.А. ОВСЕПЯН

ПРИБОР ДЛЯ ТОЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ pH

Предлагается прибор для точного измерения pH. Прибор не будет иметь электрических узлов блоков, собранных логическими схемами, которые вызывают сомнения в точности измерения. Упрощается технология изготовления прибора.

Ключевые слова: микродатчики, микроконтроллер, наладка, интерфейс, стеклянные электроды.

A.A. HOVSEPYAN

A DEVICE FOR PRECISE pH MEASURING

A device for precise measuring of pH is proposed. The device will not have any electrical nodes and blocks assembled according to logical schemes provoking some doubts about the measurement accuracy. The technology for producing the device is simplified.

Keywords: microsensors, microcontroller, setup, interface, glass electrodes.

УДК 621.3

АВТОМАТИЗАЦИЯ И СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ

А.А. ТЕРЗЯН, Г.С. СУКИАСЯН, А.Э. АКОПЯН, А.А. ГЕВОРГЯН

**К РЕШЕНИЮ НЕЛИНЕЙНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ ТРЕХМЕРНОМ
КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМ И КОНЕЧНО-РАЗНОСТНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ**

Исследованы расчетные уравнения для решения нелинейного электромагнитного поля методами конечных элементов и конечных разностей в трехмерной постановке. Результаты анализа, полученные авторами ранее для двумерного моделирования поля, обобщены для трехмерного случая. Показано, что для прямоугольной тетраэдрической сетки расчетные уравнения совпадают по всем трем составляющим векторного магнитного потенциала.

Ключевые слова: электромагнитное поле, сеточные задачи, метод конечных элементов, метод конечных разностей, тетраэдрическая сетка.

Магнитное поле, созданное электрическим током, подчиняется классическому уравнению Максвелла

$$\operatorname{rot} \frac{1}{\mu} (\operatorname{rot} \vec{A}) = \delta.$$

В декартовой системе координат (x, y, z) уравнение Максвелла принимает вид [1,2]

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x} \frac{1}{\mu} \frac{\partial}{\partial x} A^x + \frac{\partial}{\partial y} \frac{1}{\mu} \frac{\partial}{\partial y} A^x + \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{\mu} \frac{\partial}{\partial z} A^x = -\delta^x, \\ \frac{\partial}{\partial x} \frac{1}{\mu} \frac{\partial}{\partial x} A^y + \frac{\partial}{\partial y} \frac{1}{\mu} \frac{\partial}{\partial y} A^y + \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{\mu} \frac{\partial}{\partial z} A^y = -\delta^y, \\ \frac{\partial}{\partial x} \frac{1}{\mu} \frac{\partial}{\partial x} A^z + \frac{\partial}{\partial y} \frac{1}{\mu} \frac{\partial}{\partial y} A^z + \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{\mu} \frac{\partial}{\partial z} A^z = -\delta^z, \end{cases} \quad (1)$$

где $A = (A^x, A^y, A^z)$ - векторный магнитный потенциал; $\delta = (\delta^x, \delta^y, \delta^z)$ - вектор плотности тока; μ - величина магнитной проницаемости.

Прямое решение системы (1) затруднительно из-за нелинейности задачи: величина магнитной проницаемости зависит от потенциала и тоже является неизвестной. В методе конечных элементов задача решения системы (1) заменяется вариационной, т.е. рассматривается функционал F, минимум которого достигается точным решением уравнений (1). Здесь

$$\begin{aligned}
& \left[F = \iiint_{\Omega} (f_x + f_y + f_z) dx dy dz \right], \\
& \begin{cases} f_x = \frac{1}{2\mu} \left[\left(\frac{\partial A^x}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial A^x}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial A^x}{\partial z} \right)^2 \right] - \delta^x A^x, \\ f_y = \frac{1}{2\mu} \left[\left(\frac{\partial A^y}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial A^y}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial A^y}{\partial z} \right)^2 \right] - \delta^y A^y, \\ f_z = \frac{1}{2\mu} \left[\left(\frac{\partial A^z}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial A^z}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial A^z}{\partial z} \right)^2 \right] - \delta^z A^z. \end{cases} \quad (2)
\end{aligned}$$

Затем с помощью метода базисных функций можно получить расчетные уравнения для минимизации функционала.

Дискретизируем задачу, разбив рассматриваемую область Ω на тетраэдры (элементы) и приняв, что внутри элемента e магнитная проницаемость μ постоянна, а потенциалы являются линейной функцией вида

$$A^x = \sum_{t \in W_e} A_t^x b_t^e(x, y, z), \quad A^y = \sum_{t \in W_e} A_t^y b_t^e(x, y, z), \quad A^z = \sum_{t \in W_e} A_t^z b_t^e(x, y, z), \quad (3)$$

где $W_e = (i, j, k, m)$ - множество вершин элемента e ; A_t - значение потенциала A в узле t ; $b_t^e(x, y, z)$ - базисная функция, т.е. линейная функция, равная единице в узле t и нулю в остальных трех вершинах тетраэдра e . Базисные функции удобно записать в виде детерминанта

$$b_k^e(x, y, z) = \frac{1}{6V_e} \begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ x_j & y_j & z_j & 1 \\ x_i & y_i & z_i & 1 \\ x_m & y_m & z_m & 1 \end{vmatrix}, \quad (4)$$

где (x_t, y_t, z_t) - декартовы координаты вершин тетраэдра, $t = (i, j, k, m)$; V_e - объем тетраэдра e :

$$6V_e = \begin{vmatrix} x_i & y_i & z_i & 1 \\ x_j & y_j & z_j & 1 \\ x_k & y_k & z_k & 1 \\ x_m & y_m & z_m & 1 \end{vmatrix}.$$

Подставляя (3) в (2), получим

$$\begin{cases} f_x = \frac{1}{2\mu} \left[\left(\sum_{t \in W_e} A_t^x \frac{\partial b_t^e}{\partial x} \right)^2 + \left(\sum_{t \in W_e} A_t^x \frac{\partial b_t^e}{\partial y} \right)^2 + \left(\sum_{t \in W_e} A_t^x \frac{\partial b_t^e}{\partial z} \right)^2 \right] - \delta^x \sum_{t \in W_e} A_t^x b_t^e, \\ f_y = \frac{1}{2\mu} \left[\left(\sum_{t \in W_e} A_t^y \frac{\partial b_t^e}{\partial x} \right)^2 + \left(\sum_{t \in W_e} A_t^y \frac{\partial b_t^e}{\partial y} \right)^2 + \left(\sum_{t \in W_e} A_t^y \frac{\partial b_t^e}{\partial z} \right)^2 \right] - \delta^y \sum_{t \in W_e} A_t^y b_t^e, \\ f_z = \frac{1}{2\mu} \left[\left(\sum_{t \in W_e} A_t^z \frac{\partial b_t^e}{\partial x} \right)^2 + \left(\sum_{t \in W_e} A_t^z \frac{\partial b_t^e}{\partial y} \right)^2 + \left(\sum_{t \in W_e} A_t^z \frac{\partial b_t^e}{\partial z} \right)^2 \right] - \delta^z \sum_{t \in W_e} A_t^z b_t^e. \end{cases} \quad (5)$$

Чтобы найти минимум энергетического функционала, рассчитаем его производные:

$$\frac{\partial f_x}{\partial A_k^x} = \frac{1}{2\mu} \left[2 \left(\sum_{t \in W_e} A_t^x \frac{\partial b_t^e}{\partial y} \right) \frac{\partial b_k^e}{\partial y} + 2 \left(\sum_{t \in W_e} A_t^x \frac{\partial b_t^e}{\partial z} \right) \frac{\partial b_k^e}{\partial z} \right]$$

и приравняем их нулю. В результате получим систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial f_x}{\partial A_k^x} = \sum_{e \in E_k} \left[v_e \sum_{t \in W_e} (a_{kt} A_t^x) - \delta^x a_k^e \right] = 0, \\ \frac{\partial f_y}{\partial A_k^y} = \sum_{e \in E_k} \left[v_e \sum_{t \in W_e} (a_{kt} A_t^y) - \delta^y a_k^e \right] = 0, \\ \frac{\partial f_z}{\partial A_k^z} = \sum_{e \in E_k} \left[v_e \sum_{t \in W_e} (a_{kt} A_t^z) - \delta^z a_k^e \right] = 0, \end{cases} \quad (6)$$

где v_e - значение $v = 1/\mu$ внутри элемента e ; E_k - множество тетраэдров, содержащих узел k ; a_{kt}^e - коэффициенты взаимодействия вершин k и t в элементе e , которые получаются дифференцированием формул (5)

$$\begin{cases} a_{kt} = \iiint_e \left(\frac{\partial b_k^e}{\partial x} \frac{\partial b_t^e}{\partial x} + \frac{\partial b_k^e}{\partial y} \frac{\partial b_t^e}{\partial y} + \frac{\partial b_k^e}{\partial z} \frac{\partial b_t^e}{\partial z} \right) dx dy dz, \\ a_k^e = \iiint_e b_k^e dx dy dz. \end{cases} \quad (7)$$

Таким образом, трехмерное моделирование магнитного поля методом конечных элементов сводится к решению системы уравнений (6). Заметим, что для каждого узла k в (6) принимают участие только непосредственные соседи узла k . Получается система уравнений с неизвестными A_k , причем количество уравнений равно количеству неизвестных и утроенному количеству некраевых узлов.

Заметим, что в случае двумерного моделирования магнитного поля с прямоугольной расчетной сеткой в [3] было показано совпадение погрешностей и скоростей сходимости при решении методами конечных разностей и конечных элементов.

С целью обобщения этих результатов для трехмерного случая рассмотрим расчетную сетку с прямоугольными тетраэдрами.

На рисунке представлено 8 прямоугольных тетраэдров, окружающих точку 0.

Рассмотрим тетраэдр $P_0P_1P_2P_3$ с вершинами $P_0 = (0,0,0)$, $P_1 = (0, h_y, 0)$, $P_2 = (0, 0, h_z)$, $P_3 = (h_x, 0, 0)$.

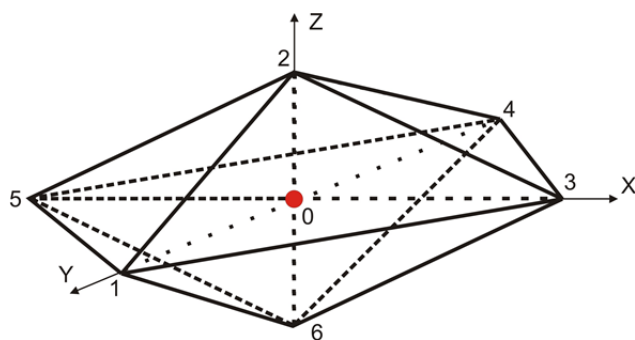


Рис.

Объем тетраэдра определяется по выражению

$$6V = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & h_z & 1 \\ 0 & h_y & 0 & 1 \\ h_x & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = +h_x h_y h_z.$$

Базисные функции имеют следующий вид:

$$b_0(x, y, z) = \frac{1}{6V} \begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ 0 & 0 & h_z & 1 \\ 0 & h_y & 0 & 1 \\ h_x & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = \frac{-xh_y h_z - yh_x h_z - zh_y h_x + h_x h_y h_z}{h_x h_y h_z} = 1 - \frac{x}{h_x} - \frac{y}{h_y} - \frac{z}{h_z},$$

$$b_2(x, y, z) = \frac{1}{6V} \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ x & y & z & 1 \\ 0 & h_y & 0 & 1 \\ h_x & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = \frac{-z}{h_x h_y h_z} \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & h_y & 1 \\ h_x & 0 & 1 \end{vmatrix} = \frac{z}{h_z}.$$

Аналогично,

$$b_1(x, y, z) = \frac{y}{h_y}, \quad b_3(x, y, z) = \frac{x}{h_x}.$$

Потенциал внутри тетраэдра $P_0 P_1 P_2 P_3$ линейный и имеет вид

$$\begin{aligned} A &= \sum_{i=0}^3 A_i b_i^e(x, y, z) = A_0 \left(1 - \frac{x}{h_x} - \frac{y}{h_y} - \frac{z}{h_z} \right) + A_2 \frac{z}{h_z} + A_1 \frac{y}{h_y} + A_3 \frac{x}{h_x} = \\ &= A_0 + (A_2 - A_0) \frac{z}{h_z} + (A_1 - A_0) \frac{y}{h_y} + (A_3 - A_0) \frac{x}{h_x}. \end{aligned}$$

Рассмотрим вершины

$$P_4 = (0, -h_y, 0), \quad P_5 = (-h_x, 0, 0), \quad P_6 = (0, 0, -h_z).$$

Для соседнего тетраэдра $P_0 P_2 P_3 P_4$:

$$6V = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & h_z & 1 \\ 0 & -h_y & 0 & 1 \\ h_x & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = -h_x h_y h_z.$$

Базисные функции имеют следующий вид:

$$b_0(x, y, z) = \frac{1}{6V} \begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ 0 & 0 & h_z & 1 \\ 0 & -h_y & 0 & 1 \\ h_x & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = \frac{x h_y h_z - y h_x h_z + z h_y h_x - h_x h_y h_z}{-h_x h_y h_z} = 1 - \frac{x}{h_x} + \frac{y}{h_y} - \frac{z}{h_z},$$

$$b_2(x, y, z) = \frac{-1}{6V} \begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -h_y & 0 & 1 \\ h_x & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = \frac{-z}{-h_x h_y h_z} \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & -h_y & 1 \\ h_x & 0 & 1 \end{vmatrix} = \frac{z}{h_z},$$

$$b_4(x, y, z) = \frac{1}{6V} \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & h_x & 1 \\ x & y & z & 1 \\ h_x & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = \frac{-y}{-h_x h_y h_z} \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & h_z & 1 \\ h_x & 0 & 1 \end{vmatrix} = \frac{y}{-h_y}.$$

Аналогично, $b_3(x, y, z) = \frac{x}{h_x}$.

Для тетраэдра $P_0 P_1 P_2 P_3$ и расчетного узла $k=0$ коэффициенты в (7) приобретают вид

$$\frac{\partial b_0(x, y, z)}{\partial x} = -\frac{1}{h_x}, \quad \frac{\partial b_0(x, y, z)}{\partial y} = -\frac{1}{h_y}, \quad \frac{\partial b_0(x, y, z)}{\partial z} = -\frac{1}{h_z},$$

$$\frac{\partial b_3(x, y, z)}{\partial x} = \frac{1}{h_x}, \quad \frac{\partial b_1(x, y, z)}{\partial y} = \frac{1}{h_y}, \quad \frac{\partial b_2(x, y, z)}{\partial z} = \frac{1}{h_z}.$$

Остальные производные равны нулю. Следовательно, для тетраэдра $e = P_0 P_1 P_2 P_3$ и расчетного узла $k=0$ имеем

$$a_{00}^e = \iiint_e \left(\frac{1}{h_x^2} + \frac{1}{h_y^2} + \frac{1}{h_z^2} \right) dx dy dz = \left(\frac{1}{h_x^2} + \frac{1}{h_y^2} + \frac{1}{h_z^2} \right) \frac{h_x h_y h_z}{6},$$

$$a_{02}^e = \left(-\frac{1}{h_z^2} \right) \frac{h_x h_y h_z}{6}, \quad a_{01}^e = \left(-\frac{1}{h_y^2} \right) \frac{h_x h_y h_z}{6}, \quad a_{03}^e = \left(-\frac{1}{h_x^2} \right) \frac{h_x h_y h_z}{6}.$$

Для соседнего тетраэдра $P_0 P_2 P_3 P_4$ получим

$$\frac{\partial b_0(x, y, z)}{\partial x} = -\frac{1}{h_x}, \quad \frac{\partial b_0(x, y, z)}{\partial y} = \frac{1}{h_y}, \quad \frac{\partial b_0(x, y, z)}{\partial z} = -\frac{1}{h_z},$$

$$\frac{\partial b_3(x, y, z)}{\partial x} = \frac{1}{h_x}, \quad \frac{\partial b_4(x, y, z)}{\partial y} = -\frac{1}{h_y}, \quad \frac{\partial b_2(x, y, z)}{\partial z} = \frac{1}{h_z}.$$

Следовательно, для тетраэдра $e = P_0 P_2 P_3 P_4$ и расчетного узла $k=0$ имеем

$$a_{00}^e = \left(\frac{1}{h_x^2} + \frac{1}{h_y^2} + \frac{1}{h_z^2} \right) \frac{h_x h_y h_z}{6}, \quad a_{02}^e = \left(-\frac{1}{h_z^2} \right) \frac{h_x h_y h_z}{6}, \quad a_{04}^e = \left(-\frac{1}{h_y^2} \right) \frac{h_x h_y h_z}{6},$$

$$a_{03}^e = \left(-\frac{1}{h_x^2} \right) \frac{h_x h_y h_z}{6}.$$

Заметим, что $a_{01}^e = a_{04}^e$. Аналогично вычисляя для остальных 6 тетраэдров, получим расчетное уравнение

$$\begin{aligned} A_0^x \left(\frac{1}{h_x^2} + \frac{1}{h_y^2} + \frac{1}{h_z^2} \right) & (v_{0123} + v_{0234} + v_{0125} + v_{0245} + v_{0613} + v_{0634} + v_{0615} + v_{0645}) = \\ & = \frac{A_2^x}{h_z^2} (v_{0123} + v_{0234} + v_{0125} + v_{0245}) + \frac{A_1^x}{h_y^2} (v_{0123} + v_{0125} + v_{0136} + v_{0156}) + \\ & + \frac{A_3^x}{h_x^2} (v_{0123} + v_{0234} + v_{0136} + v_{0346}) + \frac{A_4^x}{h_y^2} (v_{0234} + v_{0245} + v_{0346} + v_{0456}) + \\ & + \frac{A_5^x}{h_x^2} (v_{0125} + v_{0245} + v_{0156} + v_{0456}) + \frac{A_6^x}{h_z^2} (v_{0136} + v_{0346} + v_{0156} + v_{0456}), \end{aligned} \quad (8)$$

где через v_{ijkm} обозначено значение $v = 1/\mu$ внутри тетраэдра $ijkm$.

Применим для решения уравнений (1) метод конечных разностей. Заменяя значения второй производной потенциала A в точке 0 соответствующей разностью, получим

$$\frac{\partial}{\partial x} v \frac{\partial}{\partial x} A^x \approx \frac{1}{h_x} \left[v_{03} \frac{\partial}{\partial x} A_{03}^x - v_{05} \frac{\partial}{\partial x} A_{05}^x \right],$$

где индекс 03 (05) означает середину отрезка $P_0 P_3$ ($P_0 P_5$). Далее

$$\frac{\partial}{\partial x} A_{03}^x \approx \frac{1}{h_x} (A_3^x - A_0^x), \quad \frac{\partial}{\partial x} A_{05}^x \approx \frac{1}{h_x} (A_5^x - A_0^x),$$

$$v_{03} = \frac{1}{4} (v_{0123} + v_{0234} + v_{0136} + v_{0346}), \quad v_{05} = \frac{1}{4} (v_{0125} + v_{0245} + v_{0156} + v_{0456}).$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} 4h_x^2 \frac{\partial}{\partial x} v \frac{\partial}{\partial x} A^x & \approx A_3^x (v_{0123} + v_{0234} + v_{0136} + v_{0346}) + A_5^x (v_{0125} + v_{0245} + v_{0156} + v_{0456}) - \\ & - A_0^x (v_{0123} + v_{0234} + v_{0125} + v_{0245} + v_{0613} + v_{0634} + v_{0615} + v_{0645}). \end{aligned}$$

Аналогично вычисляя значения вторых производных потенциала A по y и по z и подставляя их в (1), получим в точности уравнение (8). Аналогично можно получить расчетные уравнения для составляющих потенциала A по y и по z .

Следовательно, для прямоугольной тетраэдрической сетки расчетное уравнение для метода конечных элементов совпадает с уравнением для метода конечных разностей относительно каждой составляющей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новик Я.А. Вариационная формулировка решения задачи расчета трехмерного стационарного магнитного поля с учетом нелинейных свойств среды // Изв. АН ЛатвССР. Сер. Физ. и техн. наук. - 1974. - № 4. - С. 79-89.
2. Терзян А.А., Сукиасян Г.С., Акопян А.Э. Об оптимизации тетраэдральной сетки для расчета трехмерных магнитных полей методом конечных элементов // Известия НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. - 2008. - Т. 61, № 2. - С. 305-317.
3. Терзян А.А., Сукиасян Г.С. К определению магнитных полей численными методами // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. - 1977. - № 5. - С. 115-121.

ГИУА (ПОЛИТЕХНИК). Материал поступил в редакцию 10.04.2013.

Հ.Ա. ԹԵՐԶՅԱՆ, Հ.Ս. ՍՈՒԳԻԱՍՅԱՆ, Ա.Է. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Ա.Ա. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

ՈՉ ԳԾԱՅԻՆ ՄԱԳՆԻՏԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ԵՌԱԶՍԱԾ ՎԵՐՋԱՎՈՐ ՏԱՐԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԵՎ ՎԵՐՋԱՎՈՐ-ՏԱՐԴԱՅԻՆ ՍՈՂԵԼԱՎՈՐՄԱՆ ԼՈՒԾՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Հետազոտվել են վերջավոր տարրերի և վերջավոր տարբերությունների մեթոդներով ոչ գծային էլեկտրամագնիսական դաշտի լուծման համար հաշվարկային հավասարումները եռաչափ դրվածքով: Ավելի վաղ հեղինակների կողմից ստացված երկչափ մոդելավորմամբ դաշտի արդյունքներն ընդհանրացվել են եռաչափի համար: Ցույց է տրված, որ ուղղանկյուն քառանիստ ցանցի համար հաշվարկային հավասարումները համընկնում են վեկտորական մագնիսական պոտենցիալի բոլոր երեք բաղադրիչներով:

Առանցքային բառեր. էլեկտրամագնիսական դաշտ, ցանցային խնդիրներ, վերջավոր տարրերի մեթոդ, վերջավոր տարբերությունների մեթոդ, քառանիստ ցանց:

H.A. TERZIAN, H.S. SUKIASYAN, A.E. HAKOBYAN, A.A. GEVORGYAN

ON THE SOLUTION OF NONLINEAR MAGNETIC FIELD AT THREE-DIMENSIONAL FINITE ELEMENTS AND FINITE DIFFERENCE MODELING

The calculation equations for the solution of nonlinear electromagnetic field by finite element and finite difference methods in three-dimensional formulation are investigated. The results of the earlier analysis obtained by the authors for the two-dimensional field modeling, are generalized for the three-dimensional case. It is shown that for the rectangle tetrahedral mesh, the calculation equations coincide by all the three components of the vector magnetic potential.

Keywords: electromagnetic field, mesh problems, finite element method, finite difference method, tetrahedral mesh.

ՀՏԴ 338.24: 519.865.7: 004.428

ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՈՒՄ ԵՎ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ

Ա.Ս. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Լ.Վ. ԴԱՎԹՅԱՆ, Լ.Գ. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ

ԱՊԱՀՈՎԱԳՐԱԿԱՆ ԸՆԿԵՐՈՒԹՅԱՆ ԱԿՏԻՎԱՑԻՆ ՊՈՐՏՖԵԼԻ
ՕՊՏԻՄԱԼԱՑՄԱՆ ԵՎ ՀՈՒՍԱԼԻՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՈՒՄ

Ներկայացված են ապահովագրական ընկերությունների կառավարման պրակտիկայում արդիական համարվող հիմնախնդիրները՝ ռիսկերի կառավարման, ակտիվային պորտֆելի օպտիմալացման խնդիրները, համակարգի գործունեության հուսալիության գնահատման մոդելի մշակումը և ավտոմատացման հիմնահարցերը:

Առանցքային բառեր. մաթեմատիկական մոդել, ռիսկերի կառավարում, ապահովագրական ընկերություն, ակտիվներ, օպտիմալացում, ռեգրեսիոն վերլուծություն, ավտոմատացում, հուսալիություն:

Ներածություն: Հայաստանի Հանրապետության ապահովագրական համակարգը ներկայացնում է անցումային ժամանակաշրջանի համակարգ՝ շուկայական կողմնորոշվածությամբ, որի համար արդիական է ապահովագրական ընկերության (ԱԸ) կառավարման համակարգի կատարելագործման խնդիրը: Կառավարման հիմքում ընկած է հիմնահարցերի լուծման այլընտրանքային տարբերակների ձևավորման և վճիռների կայացման գործընթացը: Վճիռների կայացումը պետք է հիմնվի առկա իրավիճակի վերլուծության և ապագայի կանխատեսումների վրա: Նման խնդիրների լուծման նպատակով առաջարկվում է կիրառել գիտականորեն հիմնավորված վճիռների կայացման մեթոդներ [1,2]:

ՀՀ ապահովագրական ընկերությունների զարգացման ընթացքում անընդհատ տեղի է ունենում կազմակերպչական կառուցվածքների բարելավում. փոփոխվում են ծառայությունների կազմը և որակը: Այդ պարագայում անհրաժեշտություն է առաջանում՝ ստեղծելու վճիռների կայացմանն աջակցող ավտոմատացված համակարգ, որը կկրի հանրանշանակ բնույթ և կհարմարեցվի կազմակերպչական նոր կառուցվածքներին:

Կանխատեսման, վերլուծության մեթոդների կիրառումը և համակարգային մոտեցումը թույլ կտան ապահովագրական ընկերություններում ավտոմատացված վերլուծական աշխատանքը հանգեցնել որակապես բարձր մակարդակի: Ավտոմատացված համակարգի կիրառմամբ ամբողջական վերլուծական աջակցությունը հնարավորություն կընձեռի ապահովագրական ընկերության ղեկավարությանը՝ ապահովելու համակարգված ֆինանսական գործունեություն:

Հետազոտության հիմնական նպատակն է ապահովագրական ընկերության ակտիվների կառավարմանը, նրա գործունեության հուսալիության գնահատման

մաթեմատիկական մոդելի ստեղծմանը, ռիսկերի կառավարման համակարգին, վերլուծության և վճիռների կայացմանն աջակցող ավտոմատացված համակարգի մշակումը:

Աշխատանքում կիրառվել են վճիռների կայացման, փորձագիտական գնահատականների և ռեգրեսիոն վերլուծության մեթոդները, տնտեսամաթեմատիկական մոդելավորման, ռիսկերի կառավարման, ապահովագրական գործի և վերլուծության, պորտֆելների ձևավորման, ռիսկերի կառավարման տեսական հիմունքները: Հետազոտության ընթացքում օգտագործվել են ՀՀ Կենտրոնական բանկի կանոնակարգերը և ապահովագրական ընկերությունների տեղեկատվական նյութերը [3-6]:

Ապահովագրական ընկերությունը դիտարկելով որպես կազմակերպչական համակարգ, հիմնվելով պրակտիկ ապահովագրական գործունեության և արտասահմանյան ապահովագրության մասնագետների կարծիքի վրա, ուսումնասիրելով Հայաստանի Հանրապետության ապահովագրական համակարգը և հարմարեցնելով արտասահմանյան ապահովագրական ընկերությունների փորձը Հայաստանի ապահովագրական ընկերությունների (ԱԸ) գործունեությանը՝ մեր կողմից հիմնավորվել է, որ ԱԸ-ի կառավարման կարևորագույն չափանիշն է համարվում ակտիվների օպտիմալ տեղաբաշխվածությունը [7,9]: Ուստի խնդիր է դրվել կառուցել ապահովագրական պահուստները շահութաբեր ակտիվներում տեղաբաշխելու լավագույն /օպտիմալ/ պլան, այսինքն՝ իրականացնել շահույթի մաքսիմալացում՝ վերահսկող մարմինների կողմից առաջադրված նորմատիվները բավարարելու դեպքում:

Մաթեմատիկական մոդելը: Ըստ ակտիվների պորտֆելի օպտիմալ պլանավորման խնդրի մաթեմատիկական դրվածքի՝ պահանջվում է գտնել ակտիվների հետևյալ վեկտորը.

$$A=(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n),$$

որի դեպքում կապահովվի պորտֆելի շահույթի առավելագույնը, այսինքն՝

$$P(A) = \sum_{\alpha=1}^n A_{\alpha} \cdot D_{\alpha} \rightarrow \max_{A_{\alpha}, \alpha=1, n},$$

որտեղ՝ P -ն՝ պորտֆելի շահույթն է, A - ն՝ ակտիվային պորտֆելում տեղաբաշխվող ֆոնդերի գումարը, n - ը՝ պորտֆելում ակտիվների տեսակների քանակը, α - ն՝ յուրաքանչյուր ակտիվի ինդեքսը, A_{α} -ն՝ պորտֆելում յուրաքանչյուր α տիպի ակտիվի արժեքը, D_{α} - ն՝ յուրաքանչյուր տիպի ակտիվի եկամտաբերությունը:

Սահմանափակումներն ապահովագրական ընկերությունների համար վերահսկող մարմնի կողմից սահմանված նորմատիվներն են:

Ներդրումների համապատասխանության սահմանաչափը դիվերսիֆիկացիայի, վերադարձելիության, եկամտաբերության և իրացվելիության սկզբունքների համա-

ձայն հաշվարկվում է որպես հուսալի ակտիվների վերադարձի հարաբերություն ընդհանուր ակտիվներին, այսինքն՝

$$C_n = \frac{\sum_{\alpha=1}^n A_{\alpha} \cdot R_{\alpha}}{A} \cdot 100\%, \quad (1)$$

որտեղ R_{α} -ն ակտիվների հուսալի վերադարձի մասնաբաժինն է: Այս մասնաբաժինը յուրաքանչյուր ակտիվի համար սահմանվում է ըստ կանոնների և կոչվում է ակտիվի գնահատման նորմ:

Կյանքի երկարաժամկետ ապահովագրության պահուստների համար սահմանվում է հետևյալ սահմանափակումը՝

$$C_n \geq 0,51: \quad (2)$$

Ապահովագրության այլ տեսակների համար ապահովվում է

$$C_n \geq 0,49 \quad (3)$$

սահմանափակումը:

Երկրի տարածքում ընկերությունը պետք է ներդնի $b_1\%$ -ից ոչ պակաս ակտիվներ, այսինքն՝

$$\sum_{\alpha=1}^n A_{\alpha_A}, \% \geq b_1 \%: \quad (4)$$

Բանկի հաշվարկային հաշվում պահուստի համար՝

$$A_{zz}, \% \geq b_2 \%: \quad (5)$$

Պետական արժեթղթերում ներդրումների համար՝

$$\sum_{\alpha=1}^n A_{\alpha}, \% \geq b_3 \%, \quad (6)$$

որտեղ ՊԱ-ն ակտիվների ներդրումն է արժեթղթերում:

Ապահովագրի վարկի համար՝

$$\sum_{\alpha=1}^n A_{\alpha,c}, \% \leq b_4 \%, \quad (7)$$

որտեղ c -ն վարկի նշանն է:

Բաժնետիրական ընկերությունների բաժնետոմսերի համար՝

$$\sum_{\alpha=1}^n A_{\alpha, s}, \% \leq b_s \%, \quad (8)$$

որտեղ s -ը բաժնետոմսի նշանն է:

(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) –ը ապահովագրական ընկերությունների համար սահմանված նորմատիվների սահմանային արժեքներն են, որոնք ժամանակի ընթացքում կարող են փոփոխվել:

Վերը նշված նպատակային ֆունկցիան և սահմանափակումները մուտքագրելով ավտոմատացված համակարգի համապատասխան երկխոսության պատուհանում (նկ.2), կստանանք ակտիվների օպտիմալ տեղաբաշխվածությունը:

Ապահովագրական ընկերության հուսալիության գնահատման նպատակով ներկայումս լայն կիրառություն է ստացել ՔԱՌԱՄԵԼՍ [6] գնահատականը, որը հաշվարկվում է որպես ապահովագրական ընկերության կապիտալի համարժեքության ($\tilde{P}^C$), ակտիվների որակի ($\tilde{U}^A$), վերաապահովագրության ($\tilde{O}^R$), ապահովագրական պահուստների ($\tilde{U}^A$), կառավարման ($\tilde{U}^M$), եկամտաբերության ($\tilde{E}^E$), իրացվելիության ($\tilde{L}^L$), շուկայական ռիսկերի նկատմամբ զգայնության՝ ($\tilde{U}^S$) (այսուհետ՝ ՔԱՌԱՄԵԼՍ-ի տարրեր) $\tilde{Y}^F$ -ի կանոնակարգի համաձայն հաշվարկված գնահատականների միջին թվաբանական: Գնահատումն իրականացվում է 1-5 միավորային համակարգով, որտեղ լավագույն գնահատականը 5-ն է, իսկ վատագույնը՝ 1-ը:

ՔԱՌԱՄԵԼՍ (CAMELS) ընդհանրացված գնահատականի հաշվարկը փաստացիորեն իրականացվում է համաձայն հետևյալ բանաձևի՝

$$CAMELS = \frac{C + A + R + A + M + E + L + S}{8} : \quad (9)$$

Նշված բաղադրիչներն ունեն կարևորության տարբեր աստիճաններ: Ուստի իրականացվել է ռեգրեսիոն վերլուծություն՝ տեսական եզրակացությունների հիմնավորման նպատակով: Յուրաքանչյուր բաղադրիչի վիճակագրական տվյալների հիման վրա կառուցվել է հետևյալ մաթեմատիկական մոդելը՝

$$\begin{aligned} CAMELS &= 0.25 + 5C + 2.5A + 1.25R + 2A + 6.25M + 4.5E + 0.5L + 3S, \\ R^2 &= 0.943, \\ \hat{F} &= 114 > 4.08 : \end{aligned} \quad (10)$$

Կառուցված մոդելից կարող ենք եզրակացնել, որ չափանիշներից յուրաքանչյուրն ընդհանուր գնահատականի վրա ունի ազդեցության տարբեր աստիճաններ: Ուստի սույն աշխատանքում փորձաքննական գնահատականների մեթոդով որոշվել է յուրաքանչյուր ցուցանիշի կարևորության աստիճանը [8]: Ընտրելով 8 ԱԸ-ներից

իրագրելության միևնույն աստիճան ունեցող աշխատակիցների՝ առաջարկվել է ցուցանիշները գնահատել 10-միավորանոց համակարգով՝ ըստ կարևորության աստիճանի: Կիրառելով անմիջական գնահատականների մեթոդը, համապատասխան գնահատականների համար ստացվել են հետևյալ կշիռները՝

- կապիտալի համարժեքության՝ 0,2,
- ակտիվների որակի՝ 0,1,
- վերաապահովագրության՝ 0,05,
- ապահովագրական պահուստների՝ 0,08,
- կառավարման՝ 0,25,
- եկամտաբերության՝ 0,18
- իրացվելիության՝ 0,02,
- շուկայական ռիսկերի նկատմամբ զգայնության՝ 0,12:

Կոնկորդացիայի գործակիցը ստացվել է 0,91, որն էլ ցույց է տալիս, որ փորձագետների կարծիքները համահավասար են:

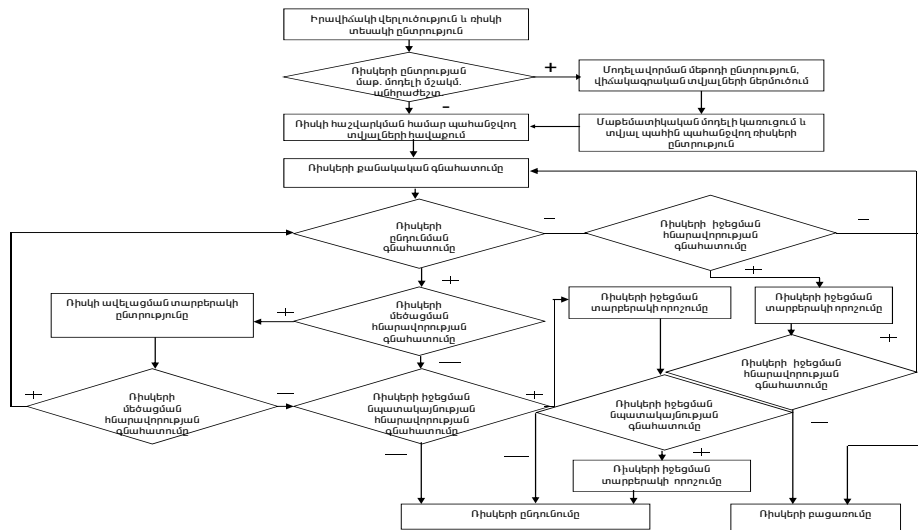
Այնուհետև կոնկրետ պահի դրությամբ ներմուծելով կամ, հնարավորության դեպքում, ԱԸ-ի տվյալների բազայից ընտրելով CAMELS ընդհանրացված գնահատականի հաշվարկման համար անհրաժեշտ ելակետային տվյալները, որոշվել են Ք,Ա,Ռ,Ա,Մ,Ե,Լ,Ս ցուցանիշների արժեքները ՀՀ ապահովագրական ընկերությունների համար:

Կիրառելով նաև փորձագետների կողմից ստացված գնահատականների մշակման արդյունքում ստացված կշիռները, որոշվել է ապահովագրական ընկերությունների հուսալիության ընդհանրացված գնահատականը՝ համաձայն հետևյալ մոդելի.

$$CAMELS = 0.2C + 0.1A + 0.05R + 0.08A + 0.25M + 0.18E + 0.02L + 0.12S : \quad (11)$$

Ինչպես ցանկացած ֆինանսական կազմակերպության, այնպես էլ ապահովագրական ընկերությունների գործունեությունը վկայում է, որ ռիսկերի ոչ ճիշտ վերլուծության և կառավարման հետևանքով դրանց կրած վնասները կարող են էական լինել: Այդ պատճառով յուրաքանչյուր ֆինանսական կազմակերպություն, մասնավորապես բանկերը, ապահովագրական ընկերությունները, վարկային կազմակերպությունները, պետք է քայլեր ձեռնարկեն ռիսկերի վերաբերյալ իրագրելությունը բարձրացնելու և դրանց նկատմամբ վերահսկողություն իրականացնելու ուղղությամբ՝ մշակելով ու ներդնելով ռիսկերի կառավարման քաղաքականություն [10,11]:

Յուրաքանչյուր ֆինանսական համակարգի առաջնային խնդիրն է ճանաչել, գնահատել, մոնիթորինգի ենթարկել և կառավարել ռիսկերը՝ գործառնական ծախսերը կրճատելու և շահութաբերությունը մեծացնելու նպատակով: Ուստի սույն աշխատանքում մշակվել է ռիսկերի կառավարմանն ուղղված վճիռների կայացմանն աջակցող ենթահամակարգ՝ հիմնված ռիսկերի գնահատման և վճիռների կայացման մեթոդների վրա, որը ներկայացվում է հետևյալ ալգորիթմով (նկ.1.):



Նկ.1. Ռիսկների կառավարմանն աջակցող վճիռների կայացման ենթահամակարգի ալգորիթմը

Նկ.1-ում բերված ռիսկների կառավարման ալգորիթմը կարելի է կիրառել նաև առևտրային բանկերի, վարկային կազմակերպությունների վարկային պորտֆելների ձևավորման և վարկային ռիսկի կառավարման խնդիրներում:

Ծրագրային իրականացում: Կատարված հետազոտությունների հիման վրա ստեղծվել է ծրագրային փաթեթ, որը նախատեսված է ֆինանսական կազմակերպությունների կառավարման, ակտիվների և պասսիվների օպտիմալ պորտֆելների ձևավորման, ակտիվային պորտֆելի ռիսկի որոշման ու կառավարման, վարկային և արժեթղթային վերլուծությունների, հուսալիության գնահատման, զգայնության վերլուծության և վճիռների կայացման համար: Նրա կիրառումը հնարավորինս կհեշտացնի վերը թվարկված գործողությունների կատարումը, որը թույլ կտա նշանակալիորեն խնայել ժամանակային և նյութական ռեսուրսները:

Ծրագիրը գրված է LabVIEW գրաֆիկական ծրագրավորման լեզվով՝ DataBase Connectivity Toolkit գրադարանների օգտագործմամբ [12]:

Ծրագրի թողարկումից հետո օգտագործողը կարող է առանց որևէ դժվարության կատարել հետևյալ գործողությունները (նկ. 2):

Ընտրելով մոդուլներից ցանկացածը՝ անցում է կատարվում պահանջվող խնդրի լուծման երկխոսության պատուհանին, որտեղ ներմուծելով կամ, անհրաժեշտության դեպքում, տվյալների բազայից կարդալով համապատասխան մուտքային տվյալները՝ արտապատկերվում են ստացված արդյունքները:



Նկ.2. Գործողության ընտրություն

Ամփոփում. Ընդհանրացնելով կարող ենք ասել, որ մշակվել են ֆինանսական գործիքների պորտֆելների ձևավորման մոդելներ և օպտիմալ պորտֆել, ապահովագրական ընկերության գործունեության հուսալիության գնահատման մաթեմատիկական մոդել և ռիսկերի կառավարմանն աջակցող վճիռների կայացման ենթահամակարգ, ինչպես նաև ստեղծվել է կառավարման գործընթացում դրանց իրականացման ծրագրային միջոց:

Հետազոտության մեջ ստացվել են հետևյալ արդյունքները.

- ընտրվել է ակտիվների լավագույն կազմը, և ձևավորվել է օպտիմալ պորտֆելը՝ կապված ապահովագրական ընկերության ֆինանսական վիճակի վերլուծության և կանխատեսման հետ,
- կառուցվել է ապահովագրական ընկերության գործունեության հուսալիության գնահատման մոդելը՝ անմիջական գնահատականների մեթոդի կիրառմամբ,
- մշակվել է ռիսկերի կառավարման վճիռների կայացմանն աջակցող ենթահամակարգը,
- առաջարկվել է նշված խնդիրների իրականացման ընթացակարգ՝ ժամանակակից տեղեկատվական տեխնոլոգիաների կիրառմամբ՝ ապահովագրական ընկերության ֆինանսական վիճակի վերլուծության և կանխատեսման գործընթացների կատարելագործման համար:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Ларичев О.И.** Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах. - М.: Логос, 2006.- 296 с.
2. **Зайцев М.Г., Варюхин С.Е.** Методы оптимизации управления и принятия решений. Примеры, задачи, кейсы. - М.: Дело, Академия народного хозяйства, 2008. - 664 с.
3. **Дрейпер Н., Смит Г.** Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кн. Кн. 2 / Пер. с англ.-2-е изд., перераб. и доп.- М.: Финансы и статистика, 1987.- 351 с.
4. **Воронин А.А., Губко М.В.** Математические модели организаций: Учебное пособие.- М.: ЛЕНАНД, 2008. - 360 с.
5. **Вагнер Г.** Основы исследования операций. В трех томах.- М.: Мир, 1972, 1973.-Т.1 - 336с.; Т.2 - 488с.; Т.3 - 503с.
6. www.cba.am
7. **Խաչատրյան Ս.Ս.** Ապահովագրական ընկերության ակտիվային պորտֆելի լավարկում // Հայաստանի ծառայարարական ակադեմիայի Լրագիր. - 2009. - Հ. 6, N 4. - էջ14-20:
8. **Бешлев С.Д., Гурвич Ф.Г.** Математико-статистические методы экспертных оценок.- М.: Статистика, 1980. - 263 с.
9. **Кабанцева Н.Г.** Страховое дело. - М.: Форум, 2008. - 147 с.
10. **Титович А.А.** Менеджмент риска и страхования.- Минск: Высшая школа, 2008.- 271 с.
11. **Ковалев В.В.** Банковский риск-менеджмент.- М.: Финансы и статистика, 2009.- 304 с.
12. <http://labview.ilc.edu.ru>

ՀՊՃՀ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 24.02.2013.

Ա.Տ. ХАЧАТРЯН, Л.В. ДАВТЯН, Л.Г. АВЕТИСЯН

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПТИМИЗАЦИИ АКТИВНОГО ПОРТФЕЛЯ И ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ

Представлены современные проблемы в практике управления страховыми компаниями: задачи управления рисками и оптимизации активного портфеля, вопросы автоматизации и разработки модели оценки надежности деятельности страховых компаний.

Ключевые слова: математическая модель, управление рисками, страховая компания, активы, оптимизация, регрессионный анализ, автоматизация, надежность.

A.S. KHACHATRYAN, L.V. DAVTYAN, L.G. AVETISYAN

AUTOMATING THE ASSETS PORTFOLIO OPTIMIZATION AND THE OPERATION RELIABILITY EVALUATION OF AN INSURANCE COMPANY

Contemporary problems in the management of insurance companies- the problems of risk management, assets portfolio optimization, as well as automation and development of a model for evaluating the operation reliability of the insurance company are introduced.

Keywords: mathematical model, risk management, insurance company, assets, optimization, regression analysis, automation, reliability.

ՀՏԴ 551.49

ՀԻՂԴԱՎԼԻԿԱ ԵՎ ՀԻՂԴՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ
ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐ

Վ.Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Ա.Է. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ԱԵՐԱՑԻԱՅԻ ԳՈՏՈՒ ԳՐՈՒՆՏՆԵՐՈՒՄ ԽՈՆԱՎՈՐՈՒՄՈՒՄ ԴԻՆԱՄԻԿԱՅԻ
ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Հետազոտված են աերացիայի գոտում խոնավության տեղափոխման օրինաչափությունները: Խոնավատեղափոխության հաստատված ռեժիմի համար ստացված են խոնավության և ներծծման ճնշման բարձրության համար արտահայտություններ, որոնցով կարելի է որոշել խոնավության շարժման ուղղությունը և գրունտային ջրերի սնման կամ գոլորշիացման մեծությունները: Կատարված է խոնավատեղափոխման քանակական գնահատում՝ խոնավության հաշվեկշռի հավասարման միջոցով: Ստացված լուծումներով կարելի է որոշել մշակաբույսերի ջրման նորմերը:

Առանցքային բառեր. աերացիայի գոտի, խոնավատեղափոխություն, գրունտային ջրեր, ներծծման բարձրություն, խոնավության ռեժիմ:

Աերացիայի գոտում հողի խոնավության դինամիկայի վերաբերյալ ներկայումս գոյություն ունեն բազմաթիվ տեսական և փորձնական հետազոտությունների արդյունքներ: Սակայն ստացված արդյունքները դեռևս չունեն այնպիսի ընդհանրացված նշանակություն, ինչը թույլ կտա դրանք կիրառել որոշակի պայմաններում գրունտներում ջրային ռեժիմի կարգավորման հիմնախնդիրները լուծելիս: Աերացիայի գոտում գրունտներում խոնավության տեղափոխման օրինաչափությունների ուսումնասիրությունը մեծ նշանակություն ունի գյուղատնտեսական հողերի գերխոնավացման գնահատման հարցերում, ինչպես նաև տարբեր հիդրոերկրաբանական խնդիրների լուծումների տեսանկյունից (ստորգետնյա ջրերը՝ մթնոլորտային տեղումներից սնման, նրանց պաշարների արհեստական լրացման, աղտոտումից, ռոտումից, հողերի աղակալումից պահպանման և այլն): Խնդիրների բազմազանությամբ և կարևորությամբ է պայմանավորված այն հանգամանքը, որ աերացիայի գոտում խոնավության շարժման օրինաչափությունների ուսումնասիրությանն այժմ հատկացվում է շատ մեծ ուշադրություն:

Ձուրը աերացիայի գոտում կարող է տեղափոխվել տարբեր ձևերով: Գրունտային ջրերի սնման հիմնական ձևը խոնավատեղափոխությունն է հեղուկ վիճակով, որը կատարվում է ծանրության և մագնոթային-սորբցիոն ուժերի ազդեցությամբ: Խոնավատեղափոխության արագությունը որոշվում է Դարսի-Կյուտի օրենքով: Ի տարբերություն Դարսիի օրենքի, այստեղ ֆիլտրացիայի գործակցի (k_0) փոխարեն օգտագործվում է խոնավատեղափոխության գործակիցը $k(w)$, որը զգալիորեն կախված է աերացիայի գոտում գրունտների հարաբերական խոնավությունից [1-3].

$$k_0 \left(\frac{w - w_{H.B.}}{w_n - w_{H.B.}} \right)^n, \quad (1)$$

որտեղ w -ն խոնավության ընթացիկ արժեքն է, w_n , $w_{H.B.}$ -ն՝ լրիվ և նվազագույն խոնավատարությունները, n -ը գործակից է (համասեռ գրունտների համար $n = 3 \dots 4$):

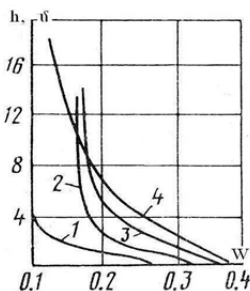
Դարսի-Կյուտի բանաձևում հիդրոստատիկ ճնշման փոխարեն դիտարկվում է ներծծման ճնշման բարձրություն հասկացությունը՝ $H = -h + z$, որը նույնպես կախված է գրունտների խոնավությունից, որտեղ z -ը կետի կոորդինատն է, h -ը՝ ներծծման ճնշմանը (ψ) համարժեք ջրի սյան բարձրությունը (ներծծման բարձրություն) և որոշվում է.

$$h = -\psi / \rho_0 g, \quad (2)$$

որտեղ ρ_0 -ն ջրի խտությունն է, g -ն՝ ազատ անկման արագացումը:

Լրիվ ջրհագեցած գրունտների համար $\psi = 0$: Փոքր խոնավությունների դեպքում այն կարող է հասնել $\psi = 1 \dots 10$ ՄՊա: Գրունտային ջրերի հանքայնության մեծացումը հանգեցնում է ներծծման բարձրության մեծացմանը: Ներծծման բարձրության կախվածությունը խոնավությունից $h(w)$ անվանում են գրունտի հիմնական հիդրոֆիզիկական բնութագիր (ՀՀԲ), որը որոշում են դաշտային պայմաններում անմիջական դիտարկումների արդյունքներով կամ լաբորատոր պայմաններում:

h -ի և w -ի արժեքներով կառուցում են գրունտների ջրապահովվածության կամ



Նկ. Ներծծման բարձրության կախվածությունը խոնավությունից.

1- ավազ, 2- կավավազ, 3- ավազակավ, 4- կավ

ՀՀԲ-ի կորերը, որոնք որոշ գրունտների համար բերված են նկարում [2]: Նկարից երևում է, որ կախվածությունը ոչ գծային է և, բացի այդ, այն բնութագրվում է լավ արտահայտված հիստերեզիսով: Այդ կորերի գործնականում օգտագործման համար հարմար է դրանք մոտարկել որևէ անալիտիկ կապի միջոցով: Ընդ որում, նպատակահարմար է օգտագործել կապեր, որոնց հաստատունները հեշտ է որոշել գրունտների բնութագրերից կախված: Հաշվի առնելով, որ ներծծման ճնշումը կարող է ունենալ մեծ արժեքներ, նրա մեծության համար

մտցվում է լոգարիթմական սանդղակ: Ներծծման ճնշման բարձրության լոգարիթմը նշանակվում է pF -ով:

Գործնական օգտագործման տեսանկյունից որոշակի հետաքրքրություն է ներկայացնում Յու. Գ. Մոտովիլովի բանաձևը [2].

$$h = h_{M.F.} (w_{M.F.} / w)^n, \quad n = (pF_{M.F.} - pF_{H.B.}) / (\ell g w_{H.B.} - \ell g w_{M.F.}), \quad (3)$$

որտեղ $m.f.$ ինդեքսը բնորոշում է առավելագույն հիգրոսկոպիկ խոնավությունը, իսկ $H.B.$ -ն՝ նվազագույն խոնավատարությունը: Հաշվարկների ժամանակ ընդունվում է $h_{M.F.} \approx 5.5 \cdot 10^2$ Վ, $h_{H.B.}$ -ն՝ ավազների համար 1 Վ, ավազակավերի՝ 3 Վ, կավերի՝ 10 Վ:

Ավազակավային գրունտներում մոտավոր հաշվարկների համար Յու.Գ. Մոտովիլովն առաջարկում է ընդունել.

$$h = -5.5 \cdot 10^4 (w_{M.F.} / w)^{3.46}; \quad (4)$$

Լրիվ խոնավատարությունից մինչև նվազագույն խոնավատարության միջակայքում հիմնական հիդրոֆիզիկական բնութագիրը (ՀՀԲ) կարելի է ներկայացնել հետևյալ կապով.

$$h(w) = -H_k \ell n \bar{w}, \quad (5)$$

որտեղ H_k -ն մագանթային գոտու բերված բարձրությունն է, ավազների համար՝ $H_k = 0,3$ Վ, կավավազների՝ $0,5 \dots 0,7$ Վ, ավազակավերի՝ $1 \dots 1,5$ Վ, կավերի համար՝ $1,5 \dots 3$ Վ:

Ակտիվ գոտու, որտեղ հիմնականում զարգանում է բույսերի արմատների համակարգը, ջրային և աղային ռեժիմները կախված են դեպի այդ գոտի տեղումներից կամ ոռոգումներից ինֆիլտրացիայի ջրերի մուտքի և ելքի պայմաններից: Ոռոգման տարածքում գրունտային ջրերի ռեժիմը սերտորեն կապված է ակտիվ գոտու գրունտների խոնավության ռեժիմի հետ (որոշում է հողերի մելիորատիվ վիճակը): Այդ պատճառով տարածքների ջրաաղային ռեժիմների կարգավորման համար պահանջվում է ստորգետնյա ջրերի ֆիլտրացիայի և աերացիայի գոտու խոնավատեղափոխության գործընթացների համատեղ վերլուծություն:

Բավականին մեծ հզորություն ունեցող աերացիայի գոտում ըստ բնույթի կարելի է առանձնացնել խոնավության հետևյալ ռեժիմները.

1. **Փոփոխական խոնավության գոտի**, որը գտնվում է ակտիվ շերտից ներքև, նրա հզորությունը կազմում է $2 \dots 6$ Վ: Խոնավության փոփոխությունը այստեղ պայմանավորված է հողի ակտիվ շերտում խոնավության մուտքի և ելքի սեզոնային փոփոխություններով: Փոփոխության ամպլիտուդն ըստ խորության մարվում է, և խոնավության ռեժիմը մոտենում է հաստատվածին:

2. **Տրանզիտի գոտի**, որտեղ խոնավությունը որոշվում է ստորգետնյա ջրերի միջին բազմամյա սնման մեծությամբ $\bar{W}$ և գործնականում չի փոխվում երկար ժամանակահատվածում:

3. Մագնիսային բարձրացման գոտի, որտեղ խոնավության փոփոխման մեծությունը կապված է գրունտային ջրերի մակարդակի փոփոխության հետ, այսինքն խոնավության ռեժիմն այստեղ պայմանավորված է գրունտային ջրերի մակարդակով և կարող է ունենալ լավ արտահայտված հաջորդականություն:

Ընդունելով, որ խոնավատեղափոխությունը աերացիայի գոտում իրականացվում է հիմնականում ուղղաձիգ ուղղությամբ, ապա Դարսի-Կյուտի օրենքը կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով [1-4]՝

$$V = -kgradH = k\left(\frac{dh}{dz} - 1\right) : \quad (6)$$

Այն դեպքում, երբ $dh/dz > 1$ խոնավությունը շարժվում է վերև՝ $V > 0$, իսկ երբ $dh/dz < 1$ -ից, շարժումը տեղի է ունենում դեպի ներքև և $V < 0$: z առանցքն ուղղված է վերև:

Խոնավատեղափոխման հաստատված շարժման օրինաչափությունների բացահայտման համար անհրաժեշտ է լուծել (6) հավասարումը $k(w)$ և $h(w)$ հայտնի կախվածությունների համար: Ընդունելով այդ կախվածությունները (1) և (5) բանաձևերով և դրանք տեղադրելով (6) հավասարման մեջ՝ կստանանք.

$$dh/dz = 1 + (V/k_0)e^{\beta h}, \quad \beta = n/H_k : \quad (7)$$

Անջատելով փոփոխականները և նկատի ունենալով, որ կոորդինատների սկզբում, գրունտային ջրերի մակարդակի վրա $h = 0$, կստանանք.

$$\int_0^z dz = \int_0^h \frac{dh}{1 + (V/k_0)e^{\beta h}} : \quad (8)$$

Ինտեգրելով (8) արտահայտությունը՝ կարելի է որոշել խոնավատեղափոխման արագությունը ցանկացած կետում h -ի տենզիոմետրով չափված արժեքների համար.

$$V = k_0 \frac{e^{-\beta h} - e^{-\beta z}}{e^{-\beta z} - 1} = k_0 \frac{e^{-\beta z} - \overline{w}^n}{1 - e^{-\beta z}} : \quad (9)$$

Խոնավատեղափոխման արագության հայտնի մեծության համար խոնավության և ջրի ներծծման բարձրության բաշխվածությունը գրունտային ջրերի մակարդակից (ԳԶՄ) վերև կորոշվի հետևյալ արտահայտություններով.

$$w(z) = w_{H.B.} + (w_n - w_{H.B.}) \left[(1 + V/k_0)e^{-\beta z} - V/k_0 \right]^{\frac{1}{n}}, \quad (10)$$

$$h(z) = -\frac{1}{\beta} \ln \left[(1 + V/k_0)e^{-\beta z} - \frac{V}{k_0} \right], \quad \beta = \frac{n}{H_k} : \quad (11)$$

$h(z)$ և $w(z)$ ֆունկցիաների որոշման տիրույթը փոփոխվում է հետևյալ սահմաններում.

$$0 < z < \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{k_0}{V} + 1 \right): \quad (12)$$

Ստացված (10) և (11) բանաձևերով կատարված են հաշվարկներ, որոնց վերլուծությունը հնարավորություն է տալիս եզրակացնելու, որ, երբ $V = 0$, այսինքն, աերացիայի գոտում խոնավության շարժումը բացակայում է, գրունտային ջրերի մակարդակի վրա խոնավության բաշխումը համապատասխանում է $h(w)$ -ի, որտեղից $|h(w)| = z$: Խոնավության վայրընթաց հոսանքների դեպքում՝ $|h(w)| < z$, իսկ վերընթաց հոսանքների դեպքում՝ $|h(w)| > z$:

Այսինքն, տենզիոմետրով աերացիայի գոտու ցանկացած կետում չափելով ներծծման բարձրությունը և համեմատելով գրունտային ջրերի մակարդակից ունեցած նրա բարձրության հետ, կարելի է անմիջապես որոշել խոնավության շարժման ուղղությունը:

Երբ $z > 3H_k / n$ խոնավության վայրընթաց ֆիլտրացիայի դեպքում, ապա խոնավությունը աերացիայի գոտում դառնում է հաստատուն, այսինքն.

$$w(z) = w_{H.B.} + (w_n - w_{H.B.}) \left(V / k_0 \right)^{\frac{1}{n}}:$$

Ստացված բանաձևերը կարող են օգտագործվել աերացիայի գոտով գրունտային ջրերի սնման կամ նրանից գոլորշիացման քանակների, ինչպես նաև գրունտներում խոնավության պաշարների որոշման համար:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Полубаринова-Кочина П.Я.** Теория движения грунтовых вод. - М.: Наука, 1977. - 554 с.
2. **Кац Д.М., Пашковский И.С.** Мелиоративная гидрогеология. - М.: Агропромиздат, 1988. - 256 с.
3. Справочное руководство гидрогеолога. Т. 1,2. - Л.: Недра, 1980.- Т.1 - 512с.;- Т.2- 295 с.
4. Развитие исследований по теории фильтрации в СССР. -М.: Наука, 1969. -540 с.

ԵՃՇՊՀ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 15.05.2013:

В.С. САРКИСЯН, А.Э. ХАЧАТРЯН

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ВЛАГОПЕРЕНОСА В ГРУНТАХ ЗОНЫ АЭРАЦИИ

Рассматриваются особенности влагопереноса в зоне аэрации. Для стационарного режима влагопереноса получены зависимости влажности и высоты давления всасывания, по которым можно определить направление движения влажности, а также величины питания грунтовых вод. Выполнена количественная оценка влагопереноса по уравнению водного баланса. По полученным решениям можно определить нормы орошения сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: зона аэрации, влагоперенос, грунтовые воды, высота всасывания, режим влажности.

V.S. SARGSYAN, A.E. KHACHATRYAN

ESTIMATING THE DYNAMICS OF MOISTURE TRANSFER IN THE GROUND ZONE OF AERATION

The peculiarities of the moisture transfer in the aeration zone are considered. A relationship between the moisture and the height of the absorption pressure for a stationary regime of moisture transfer is obtained allowing to determine the direction of the moisture movement, as well as the values of ground water feeding. A quantitative estimation of the moisture transfer is implemented by the equation of the water balance. The results obtained will allow to determine the irrigation norms for agricultural crops.

Keywords: aeration zone, ground water, moisture transfer, absorption height, humidity regime.

Մ.Ռ. ՄԽԻԹԱՐՅԱՆ, Զ.Ա. ՄԻՆԱՍՅԱՆ

ԿՈՇԻԿԻ ՄԻԿՐՈԿԼԻՄԱՅԻ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՍԱՐՔ

Իրական պայմաններում կոշիկի միկրոկլիմայի հետազոտման համար ստեղծվել է հատուկ սարքավորում, և մշակվել չափումների կատարման մեթոդակարգ: Սարքավորումը հնարավորություն է տալիս չափել միջկոշկային տարածության ջերմաստիճանը և հարաբերական խոնավությունը:

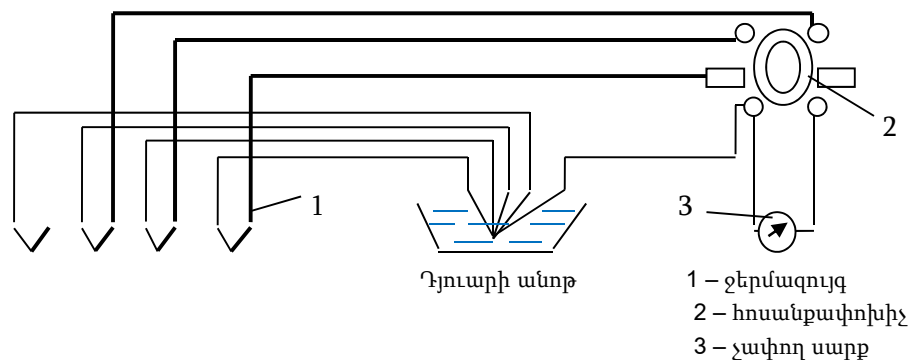
Առանցքային բաղեր. կոշիկ, սարք, ջերմաստիճան, հարաբերական խոնավություն, ջերմազույգ:

Կոշիկի ներսում միկրոկլիմայի հետազոտման հնարավորությունը շահագործման իրական պայմաններում մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում: Վերջին տարիներին կոշիկի առողջապահական հատկությունների գնահատման համար օգտագործում են դրանցում եղած բացակների ջերմաստիճանի և հարաբերական խոնավության ուղղակի չափումները [1]:

Իրական պայմաններում կոշիկի միկրոկլիմայի հետազոտման համար ստեղծվել է հատուկ սարքավորում, և մշակվել չափումների կատարման մեթոդակարգ:

Սարքավորման լրակազմը բաղկացած է տվիչների հավաքածուից և չափող սարքից: Հիմնական տեխնիկական տվյալներն են՝ ջերմաստիճանի լայնքաչափը՝ $45 \pm 100^\circ\text{C} \pm 0,1^\circ\text{C}$, խոնավության լայնքաչափը՝ $40 \pm 100\% \pm 3\%$:

Նկ. 1-ում բերված է սարքավորման սկզբունքային սխեման:

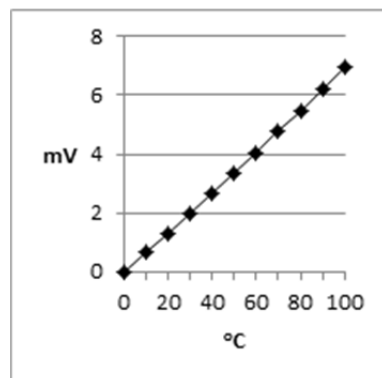


Նկ.1. Ջերմաստիճանի չափման սարքավորման սկզբունքային սխեման

Դյուարի անոթի շնորհիվ բացառվում է շրջապատող միջավայրի ազդեցությունը չափման արդյունքների վրա: Կոշիկի ջերմաստիճանը չափող սարքավորումը (նկ.1) կազմված է 1-ջերմազույգերից, 2-հոսանքափոխիչից, 3-չափող սարքից:

Կոշիկի տարբեր տեղամասերում ջերմաստիճանների չափման համար օգտագործվում են քրոմել-կոպել տիպի ջերմազույգեր: Ջերմազույգերի փոքր չափերը հնարավորություն են տալիս դրանք տեղադրել կոշիկի տարբեր մասերում՝ առանց ոտնաթաթի վրա որևէ ճնշում կամ այլ ազդեցություն գործադրելու: Ջերմազույգերի տվիչները պասիվ տարրեր են և հետազոտվող միջավայրի մեջ փոփոխություններ չեն առաջացնում (տվիչների ջերմաբտադրությունը շատ փոքր է, որը հաշվի չի առնվում), ինչը շատ կարևոր է փոքր ծավալներում չափումներ կատարելու համար: Ջերմազույգերը տեղադրվում են ոտնաթաթի մասերի շրջանում և կամարաձև մասի տակ: Հոսանքափոխիչը հնարավորություն է տալիս օգտագործել մեծ թվով ջերմազույգեր, որոնք անհրաժեշտ են կոշիկի տարբեր տեղամասերում ջերմաստիճանային դաշտի հետազոտման համար, այսինքն՝ միանգամից ստանալ տարբեր տեղամասերի ջերմաստիճանային ցուցանիշները:

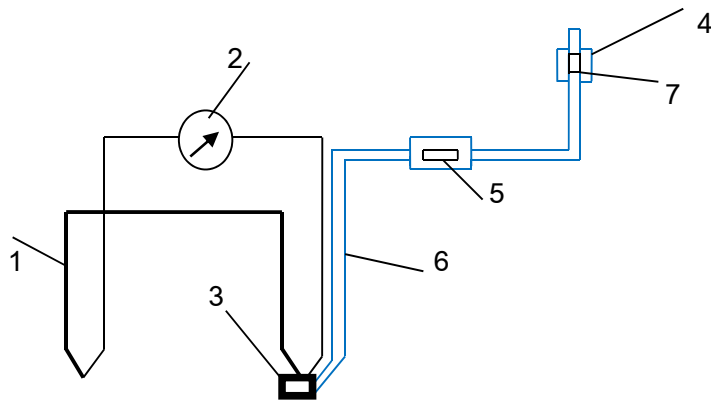
Որպես չափող սարք օգտագործվում է U-1109 տիպի միլիվոլտաչափ, որը գրանցում է ջերմային էլշունների արժեքները: Հետագայում ջերմային էլշունների արժեքները վերածվում են ջերմաստիճանին համապատասխան կատարված աստիճանավորման (նկ. 2):



Նկ.2. Ջերմաչափի աստիճանավորման գրաֆիկը

Կոշիկի ջերմաէլեկտրական խոնավաչափը (նկ. 3) կազմված է 1-ջերմազույգից, 2-չափող սարքից և թորած ջրի մատակարարման համակարգից:

Խոնավաչափի ջերմաէլեկտրական տվիչը ներկայացնում է ջերմազույգ /քրոմել-կոպել տիպի/, որի զոդատեղերից մեկը կատարում է չոր ջերմաչափի ֆունկցիա, իսկ երկրորդը հագեցած է խոնավացնող պատրույգով-(3), որը կատարում է թաց ջերմաչափի ֆունկցիա: Ջերմային էլշու չափող սարքն անմիջապես ցույց է տալիս ջերմաստիճանների խոնավաչափային տարբերությունը: Թորած ջրի մատակարարման համակարգը, որը կազմված է 4-թորած ջրի տարողությունից, 7-ջրի գտիչից, 5-կարգավորման փականից և 6-պոլիէթիլենային խողովակից, նախատեսված է անհրաժեշտ պահին պատրույգը խոնավացնելու համար:



Նկ. 3. Կոշիկի ջերմաէլեկտրական խոնավաչափը

Ջերմաէլեկտրական տվիչներով խոնավաչափեր օգտագործվում են հիմնականում այն դեպքում, երբ օդի ջերմաստիճանը փոփոխվում է շատ նեղ սահմաններում, և հարաբերական խոնավության մեծության որոշման համար բավական է գիտենալ խոնավաչափային տարբերությունը: Այս պայմաններում ջերմաէլեկտրական խոնավաչափի չափող սխեմայի պարզությունը անկասկածելի առավելություն է: Դրանից բացի, խոնավ գողատեղի փոքր չափերի և փոքր ջերմատարողության շնորհիվ, ջերմագույգային տվիչն աչքի է ընկնում բարձր արագագործությամբ և պահանջում է փոքր օդափոխության արագություն, քան արդյունաբերական ջերմաչափների տվիչները:

Խոնավացնող պատրույգը պատրաստվում է բարակ բամբակյա գործվածքներից (մառլյա, մուսլին, բատիստ), որոնք նախապես եռացվում են ապրետորայի հեռացման համար: Ջերմագույուն տարրի հետ լավագույն ջերմային կոնտակտի համար պատրույգը պետք է կիպ հպվի նրան: Պատրույգի կեղտոտվելը փոշուց կամ այլ կոշտ մասնիկներից առաջ է բերում լրացուցիչ սխալ: Կեղտոտված պատրույգի վերականգնման մեթոդներ են նրա խոնավացման համար թորած ջրի օգտագործումը, պատրույգի հաճախակի փոխելը և եռացնելը:

Խոնավության տվիչների աստիճանավորումը կատարվել է ավտոմատ կարգավորման ռեժիմով “KARL RABOFSKI” ֆիրմայի R-4KN կլիմայական խցում: Խցի մեջ ապահովվել է օդի խառնումը: Որպես ստուգողական սարք խցի մեջ տեղադրվել են երեք ասպիրացիոն խոնավաչափներ: Հետազոտվող տվիչները տեղադրվել են կլիմայական խցում, իսկ սարքի հետ միացվող հաղորդալարերը հանվել են դուրս: Ցուցանիշները բացահայտվել են ավտոմատ կարգավորվող հաստատված ռեժիմի պայմաններում: Աստիճանավորումը կատարվել է երկու եղանակով՝ խցում խոնավության աստիճանաբար ավելացման և աստիճանաբար նվազեցման պայմաններում: Ջերմագույգերի աստիճանավորման համար որպես ստուգողական սարք օգտագործվել են ՏՊՊ-1378 տիպի ջերմագույգեր:

Չափումների կատարման մեթոդակարգի մշակման ժամանակ [2] հաշվի է առնվում երեք հիմնական ցուցանիշների ազդեցությունը կոշիկի միկրոկլիմայի վրա: Դրանք են կոշիկի առանձնահատկությունը, կրողի օրգանիզմը և արտաքին միջավայրը: Բոլոր այս երեք ցուցանիշները փոխկապակցված են: Կոշիկի ազդեցությունը որոշվում է նյութերի առանձնահատկությամբ, նրա հարմարությամբ:

Կրողի օրգանիզմի ազդեցությունը կախված է նրա ջերմային վիճակից, քրտնարտադրության ուժգնությունից: Կրողի օրգանիզմի ջերմային վիճակն իր հերթին կախված է հագուստից, ֆիզիկական բեռնվածությունից և անհատական առանձնահատկություններից: Օդի հարաբերական խոնավությունը, ջերմաստիճանը, արագությունը, հատակի ջերմահաղորդականությունը և ջերմատարողությունը նույնպես ազդում են կոշիկի միկրոկլիմայի վրա: Նշված հանգամանքներից բացի, հետազոտության արդյունքի վրա որոշակի ազդեցություն են թողնում կոշիկի մեջ տվիչի տեղը և տեղադրման եղանակը, ինչպես նաև ցուցանիշների գրանցման մեթոդակարգը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Иванов М.Н.** Проблемы улучшения гигиенических свойств обуви. - М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1988. – 135 с.
2. **Кедров Л.В.** Теплозащитные свойства обуви. – М.: Легкая индустрия, 1979. – 168 с.

ՀՊՃՀ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ) ԳՄ : Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 10.02.2013:

М.Р. МХИТАРЯН, З.А. МИНАСЯН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ОБУВИ

Для исследования микроклимата обуви в реальных условиях создана специальная установка и разработан метод проведения измерений. Установка дает возможность измерить температуру и относительную влажность межобувного пространства.

Ключевые слова: обувь, установка, температура, относительная влажность, термопара.

M.R. MKHITARYAN, Z.A. MINASYAN

SHOE MICROCLIMATE RESEARCH EXPERIMENTAL DEVICE

A special device for shoe microclimate research in real conditions has been created, as well as a method for measurements is developed. The device enables to measure the relative humidity and temperature inside the shoes.

Keywords: shoes, device, temperature, relative humidity, thermocouple.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ԱՂԲԱԼՅԱՆ Ս.Գ., ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ Ա.Հ., ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ս.Ա.	
Ցածր ջերմաստիճաններում ԿԱՊԱՐԻ ՄՈԼԻԲԴԱՏԻ ՄՈՆՈԲՅՈՒՐԵՂԻ ԱՃԵՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ՄԻԼԻԿԱԺԵԼԻ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ	199
ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ Ա.Ս., ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ Դ.Գ.	
Ցինկի եվ ԿԱՊԱՐԻ ԲԱՐՁՐ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՄԲ ՊՂՆՁԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԻ ԲՈՎՈՒՄԸ ՏԱՐԲԱԼՈՒԾՄԱՆ ՀԱՄԱՐ	206
ՄԻՐԱԴԵՂՅԱՆ Ս.Ա., ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ Ռ.Գ.	
Քոստոնիթերային ծանցերի նախագծման ժամանակահատվածի մոնիթինգային ծրագրերի շնորհիվ հասնում է զգալի առավելության ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ	215
ՇԱՀԻՆՅԱՆ Տ.Հ.	
ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՄԱՆ ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ԾՐԱԳՐԵՐԻ ԶՈՒԳԱՀԵՌ ԹԵՍՏԱՎՈՐՄԱՆ ՄԵԹՈԴ	223
ԵՋԱԿՅԱՆ Ն.Դ., ՄԻՄՈՆՅԱՆ Ռ.Հ., ՂՈՒԼՅԱՆ Ա.Գ.	
Սղիճի մոնիթինգային ծրագրերի միջոցով ՍԱՐՔ	229
ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ա.Գ., ՄԽԹԱՐՅԱՆ Լ.Լ.	
ՇՂԹԱՆԵՐԻ ԵՐԿԱՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԿԱՌԱՎԱՐՈՒՄԸ ԹՎԱՅԻՆ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՄԽԵՄԱՆԵՐԻ ՏՐԱՄԱԲԱՆԱԿԱՆ ԲՋԻՋՆԵՐԻ ՆԱԽԱԿԱՆ ՏԵՂԱԲԱՇԽՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ	233
ԳՈՄՅՅԱՆ Հ.Ա., ԵՂՈՅԱՆ Գ.Կ., ՀՈՒՄԻԿՅԱՆ Հ.Դ.	
ՇԱՐՔԱԿԱՆ ԿԱՊԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԲՋՋԱՅԻՆ ՏԱՐԱԾՔԻ ԿԱՊՈՒՂԻՆԵՐԻ ԹՎԻ ԵՎ ԲԱԺԱՆՈՐԴՆԵՐԻ ՔԱՆԱԿԻ ՄԻՆԹԵՋԻ ՄԵԹՈԴԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ	243
ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ Ա.Ա.	
P ^H -ի ճշգրիտ ռեգիստրման ՍԱՐՔ	249
ԹԵՐՁՅԱՆ Հ.Ա., ՍՈՒՔԻԱՍՅԱՆ Հ.Ս., ՀԱԿՈԲՅԱՆ Ա.Է., ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ Ա.Ա.	
ՈՉ ԳԾԱՅԻՆ ՄԱԳՆԻՍԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ԵՌԱՉԱՓ ՎԵՐՋԱՎՈՐ ՏԱՐԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԵՎ ՎԵՐՋԱՎՈՐ-ՏԱՐԲԱՅԻՆ ՄՈՂԵԼԱՎՈՐՄԱՆ ԼՈՒԾՄԱՆ ՄԱՍԻՆ	258
ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ա.Ս., ԴԱՎԹՅԱՆ Լ.Վ., ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ Լ.Գ.	
ԱՊԱՀՈՎԱԳՐԱԿԱՆ ԸՆԿԵՐՈՒԹՅԱՆ ԱԿՏԻՎԱՅԻՆ ՊՈՐՏՖԵԼԻ ՕՊՏԻՄԱԼԱՅՄԱՆ ԵՎ ՀՈՒՍԱԼԻՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՈՒՄ	266
ՄԱՐԳՍՅԱՆ Վ.Ս., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ա.Է.	
ԱԵՐԱՑԻԱՅԻ ԳՈՏՈՒ ԳՐՈՒՆՏՆԵՐՈՒՄ ԽՈՆԱՎԱՏԵՂԱՓՈԽՄԱՆ ԴԻՆԱՄԻԿԱՅԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ	274
ՄԽԹԱՐՅԱՆ Մ.Ռ., ՄԻՆԱՍՅԱՆ Զ.Ա.	
ԿՈՇԻԿԻ ՄԻԿՐՈԿԼԻՄԱՅԻ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՍԱՐՔ	280

СОДЕРЖАНИЕ

АГБАЛЯН С.Г., ОВСЕПЯН А.О., АРУТЮНЯН С.А.	
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛА МОЛИБДАТА СВИНЦА В ПРОСТРАНСТВЕ СИЛИКАГЕЛЯ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ	199
ОГАНЕСЯН А.М., ВАРДАНЯН Д.Г.	
ОБЖИГ МЕДНОГО КОНЦЕНТРАТА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЦИНКА И СВИНЦА ДЛЯ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ	206
СИРАДЕГЯН С.А., КИРАКОСЯН Р.Г.	
ИССЛЕДОВАНИЕ, СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИМУЛЯТОРОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ	215
ШАГИНЯН Т.О.	
МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	223
ЕЗАКЯН Н.Д., СИМОНЯН Р.Г., ГУЛЯН А.Г.	
УСТРОЙСТВО ДЛЯ КАЛИБРОВКИ СПИРОМЕТРОВ	229
АРУТЮНЯН А.Г., МХИТАРЯН Л.Л.	
УПРАВЛЕНИЕ ДЛИНАМИ ЦЕПЕЙ ПРИ НАЧАЛЬНОМ РАЗМЕЩЕНИИ ЛОГИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ	233
ГОМЦЯН О.А., ЕГОЯН Г.К., УСИКЯН О.Д.	
РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНТЕЗА КОЛИЧЕСТВА АБОНЕНТОВ И ЧИСЛА КАНАЛОВ СОТОВЫХ ЗОН ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ	243
ОВСЕПЯН А.А.	
ПРИБОР ДЛЯ ТОЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ pH	249
ТЕРЗЯН А.А., СУКИАСЯН Г.С., АКОПЯН А.Э., ГЕВОРГЯН А.А.	
К РЕШЕНИЮ НЕЛИНЕЙНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ ТРЕХМЕРНОМ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМ И КОНЕЧНО-РАЗНОСТНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ	258
ХАЧАТРЯН А.С., ДАВТЯН Л.В., АВЕТИСЯН Л.Г.	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПТИМИЗАЦИИ АКТИВНОГО ПОРТФЕЛЯ И ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ	266
САРКИСЯН В.С., ХАЧАТРЯН А.Э.	
ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ВЛАГОПЕРЕНОСА В ГРУНТАХ ЗОНЫ АЭРАЦИИ	274
МХИТАРЯН М.Р., МИНАСЯН З.А.	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ОБУВИ	280

CONTENTS

AGHBALYAN S.G., HOVSEPYAN A.H., HARUTYUNYAN S.A.	
DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR OBTAINING A MONOCRYSTAL OF LEAD MOLYBDATE IN SILICA GEL AT LOW TEMPERATURES	199
HOVHANNISYAN A.M., VARDANYAN D.G.	
ROASTING THE COPPER CONCENTRATE WITH HIGH CONTENT OF ZINC AND LEAD FOR LEACHING.....	206
SIRADEGHYAN S.A., KIRAKOSSIAN R.G.	
RESEARCH, COMPARATIVE ASSESSMENT AND APPLICATION OF MODERN SIMULATORS FOR DESIGNING COMPUTER NETWORKS	215
SHAHINYAN T.H.	
A METHOD FOR PARALLEL TESTING OF ELECTRONIC DESIGN AUTOMATION APPLICATIONS	223
YEZAKYAN N.D., SIMONYAN R.H., GHULYAN A.G.	
A SPIROMETER CALIBRATING DEVICE	229
HARUTYUNYAN A.G., MKHITARYAN L.L.	
CONTROLLING THE NET LENGTHS AT INITIAL PLACEMENT OF LOGIC CELLS OF DIGITAL INTEGRATED CIRCUITS	233
GOMTSYAN H.A., YEGHOYAN G.K., HUSIKYAN H.D.	
DEVELOPING A METHOD FOR SYNTHESISING THE NUMBER OF CHANNELS AND THE QUANTITY OF USERS IN THE AREA OF MOBILE COMMUNICATION SYSTEM.....	243
HOVSEPYAN A.A.	
A DEVICE FOR PRECISE pH MEASURING	249
TERZKYAN H.A., SUKIASYAN H.S., HAKOBYAN A.E., GEVORGYAN A.A.	
ON THE SOLUTION OF NONLINEAR MAGNETIC FIELD AT THREE-DIMENSIONAL FINITE ELEMENTS AND FINITE DIFFERENCE MODELING	258
KHACHATRYAN A.S., DAVTYAN L.V., AVETISYAN L.G.	
AUTOMATING THE ASSETS PORTFOLIO OPTIMIZATION AND THE OPERATION RELIABILITY EVALUATION OF AN INSURANCE COMPANY	266
SARGSYAN V.S., KHACHATRYAN A.E.	
ESTIMATING THE DYNAMICS OF MOISTURE TRANSFER IN THE GROUND ZONE OF AERATION	274
MKHITARYAN M.R., MINASYAN Z.A.	
SHOE MICROCLIMATE RESEARCH EXPERIMENTAL DEVICE	280