

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

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ
ԵՎ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ

ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ

Հատոր 76
N 2 2023

ԱՊՐԵԼ – ՀՈՒՆԻՍ

ԵՐԵՎԱՆ 2023

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК АРМЕНИИ И
НАЦИОНАЛЬНОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
АРМЕНИИ

СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Том 76
N 2 2023

АПРЕЛЬ – ИЮНЬ

ЕРЕВАН 2023

PROCEEDINGS

OF THE REPUBLIC OF ARMENIA NATIONAL ACADEMY OF
SCIENCES AND NATIONAL POLYTECHNIC UNIVERSITY OF
ARMENIA

SERIES OF TECHNICAL SCIENCES

Volume 76
N 2 2023

APRIL - JUNE

YEREVAN 2023

Журнал издается с 5.01.1948 г.

Выходит 4 раза в год

ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԳԻԱ

Գլխավոր խմբագիր՝ Մելիքյան Վ.Շ., ՀՀ ԳԱԱ թղթ. անդամ, տ.գ.դ., պրոֆ., ՀՀ
Գլխ. խմբագրի տեղակալ՝ Գրիգորյան Ա.Խ., տ.գ.դ., պրոֆ., ՀՀ
Պատասխանատու քարտուղար՝ Սեյրանյան Ժ.Ս., ՀՀ
Խմբագրական կոլեգիա՝
Աղբալյան Ս.Գ., տ.գ.դ., պրոֆ., ՀՀ
Ասլանյան Լ.Հ., ՀՀ ԳԱԱ թղթ. անդամ, ֆ.-մ.գ.դ., պրոֆ., ՀՀ
Բաղդասարյան Հ.Վ., տ.գ.դ., պրոֆ., ՀՀ
Բաղդասարյան Ս.Ք., տ.գ.դ., պրոֆ., ՀՀ
Գագարինսկի Ա.Յու., ֆ.-մ.գ.դ., պրոֆ., ՌԴ
Գոնեյմա Ս., տ.գ.թ., Եգիպտոս
Գրիմբլաթ Վ., տ.գ.թ., Չիլի
Դոկիչ Բ., տ.գ.դ., Բոսնիա և Հերցեգովինա
Ջոքյան Ե., տ.գ.թ., ԱՄՆ
Իլյուշենկո Ա.Ֆ., Բելառուսի ԳԱԱ թղթ. անդամ, տ.գ.դ., պրոֆ., Բելառուս
Լան Զ., տ.գ.թ., Չինաստան
Կրասնիկով Գ.Յ., ՌԴ ԳԱԱ ակադեմիկոս, տ.գ.դ., պրոֆ., ՌԴ
Կուրտուա Բ., տ.գ.թ., Ֆրանսիա
Հախումյան Ա.Ա., ՀՀ ԳԱԱ թղթ. անդամ, ֆ.-մ.գ.դ., պրոֆ., ՀՀ
Հակոբյան Վ.Ն., ֆ.-մ.գ.դ., ՀՀ
Հահանով Վ.Ի., Կիրառական ռադիոէլեկտրոնիկայի Ուկրաինայի ԳԱԱ ակադեմիկոս, տ.գ.դ., պրոֆ.,
Ուկրաինա
Ղուկյան Ա.Գ., ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, ֆ.-մ.գ.դ., պրոֆ., ՀՀ
Մանդալիկա Ս., տ.գ.թ., Հնդկաստան
Մարուխյան Ո.Զ., տ.գ.թ., պրոֆ., ՀՀ
Միխայլիչ Ա.Ա., տ.գ.դ., պրոֆ., Բելառուս
Շլիխտման Ու., տ.գ.թ., Գերմանիա
Չանգ Ֆ., Թայվանի ԳԱԱ ակադեմիկոս, տ.գ.դ., Թայվան
Չապլիգին Յու.Ա., ՌԴ ԳԱԱ ակադեմիկոս, տ.գ.դ., պրոֆ., ՌԴ
Պետրոսյան Օ.Հ., տ.գ.դ., պրոֆ., ՀՀ
Պետրոսյանց Կ.Օ., տ.գ.դ., պրոֆ., ՌԴ
Սապատնեկար Ս., տ.գ.թ., ԱՄՆ
Սարգսյան Յու.Լ., ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, տ.գ.դ., պրոֆ., ՀՀ
Միմոնյան Ս.Հ., տ.գ.դ., պրոֆ., ՀՀ
Ստեփանյանի Ա.Լ., ՌԴ ԳԱԱ ակադեմիկոս, տ.գ.դ., պրոֆ., ՌԴ
Վարդյով Ա.Ե., տ.գ.դ., պրոֆ., ՌԴ
Տիխոմիրով Գ.Վ., ֆ.-մ.գ.դ., ՌԴ
Ցանովա Ս., տ.գ.թ., Բուլղարիա
Ուբար Ռ., Էստոնիայի ԳԱԱ ակադեմիկոս, տ.գ.դ., պրոֆ., Էստոնիա
Ուսանով Վ.Ի., տ.գ.դ., պրոֆ., ՌԴ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор Меликян В.Ш., член-корр. НАН РА, д.т.н., проф., Армения

Заместитель главного редактора Григорян А.Х., д.т.н., проф., Армения

Ответственный секретарь Сейранян Ж.С., Армения

Редколлегия:

Агбалян С.Г., д.т.н., проф., Армения

Акопян В.Н., д.ф.-м.н., Армения

Асланян Л.А., член-корр. НАН РА, д.ф.-м.н., проф., Армения

Ахумян А.А., член-корр. НАН РА, д.ф.-м.н., проф., Армения

Багдасарян М.К., д.т.н., проф., Армения

Багдасарян О.В., д.т.н., проф., Армения

Воробьев А.Е., д.т.н., проф., Россия

Гагаринский А.Ю., д.ф.-м.н., проф., Россия

Гонейма М., к.т.н., Египет

Гримблат В., к.т.н., Чили

Гулян А.Г., академик НАН РА, д.ф.-м.н., проф., Армения

Докич Б., д.т.н., Босния и Герцеговина

Зорян Е., к.т.н., США

Ильющенко А.Ф., член-корр. НАН Беларуси, д.т.н., проф., Беларусь

Красников Г.Я., академик РАН, д.т.н., проф., Россия

Куртуа Б., к.т.н., Франция

Лан Ч., к.т.н., Китай

Мандалика С., к.т.н., Индия

Марухян В.З., к.т.н., проф., Армения

Михайлович А.А., д.т.н., проф., Беларусь

Петросян О.А., д.т.н., проф., Армения

Петросянц К.О., д.т.н., проф., Россия

Сапатнекар С., к.т.н., США

Саркисян Ю.Л., академик НАН РА, д.т.н., проф., Армения

Симонян С.О., д.т.н., проф., Армения

Стемпковский А.Л., академик РАН, д.т.н., проф., Россия

Тихомиров Г.В., д.ф.-м.н., Россия

Убар Р., академик НАН Эстонии, д.т.н., проф., Эстония

Усанов В.И., д.т.н., проф., Россия

Хаханов В.И., академик Академии наук Украины по прикладной радиоэлектронике, д.т.н., проф., Украина

Цанова С., к.т.н., Болгария

Чанг Ф., академик Национальной академии Тайваня, д.т.н., Тайвань

Чаплыгин Ю.А., академик РАН, д.т.н., проф., Россия

Шлихтманн У., к.т.н., Германия

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief: Melikyan V.Sh., Corr.member of NAS RA, Sci.Dr., Prof., Armenia
Deputy Editor-in-Chief: Grigoryan A.Kh., Sci.Dr., Prof., Armenia
Executive Secretary: Seyranyan Zh.S., Armenia
Editorial Board:
Aghbalyan S.G., Sci.Dr., Prof., Armenia
Aslanyan L.H., Corr.member of NAS RA, Sci.Dr., Prof., Armenia
Baghdasaryan H.V., Sci.Dr., Prof., Armenia
Baghdasaryan M.Q., Sci.Dr., Prof., Armenia
Chang F., Member of National Academy of Taiwan, Sci.Dr., Taiwan
Chaplygin Yu.A., Academician of RAS, Sci.Dr., Prof., Russia
Courtois B., Ph.D., France
Dokic B., Sci.Dr., Bosnia and Herzegovina
Gagarinski A.Yu., Sci.Dr., Prof., Russia
Ghoneima M., Ph.D., Egypt
Ghulyan A.G., Academician of NAS RA, Sci.Dr., Prof., Armenia
Grimblatt V., Ph.D., Chile
Hahanov V.I., Academician of Academy of Sciences of Ukraine in Applied Radioelectronics, Sci.Dr., Prof., Ukraine
Hakhumyan A.A., Corr.member of NAS RA, Sci.Dr., Prof., Armenia
Hakobyan V.N., Sci.Dr., Armenia
Ilyushenko A.F., Corr.member of NAS of Belarus, Sci.Dr., Prof., Belarus
Krasnikov G.Y., Academician of RAS, Sci.Dr., Prof., Russia
Lan Ch., Ph.D., China
Mandalika S., Ph.D., India
Marukhyan V.Z., Ph.D., Prof., Armenia
Mikhaylevich A.A., Sci.Dr., Prof., Belarus
Petrosyan O.H., Sci.Dr., Prof., Armenia
Petrosyants K.O., Sci.Dr., Prof., Russia
Sapatnekar S., Ph.D., USA
Sargsyan Yu.L., Academician of NAS RA, Sci.Dr., Prof., Armenia
Schlichtmann U., Ph.D., Germany
Simonyan S.H., Sci.Dr., Prof., Armenia
Stempkovski A.L., Academician of RAS, Sci.Dr., Prof., Russia
Tikhomirov G.V., Sci.Dr., Russia
Tsanova S., Sci.Dr., Bulgaria
Ubar R., Academician of Academy of Sciences of Estonia, Sci.Dr., Prof., Estonia
Usanov V.I., Sci.Dr., Prof., Russia
Vorobyov A.Y., Sci.Dr., Prof., Russia
Zorian Y., Ph.D., USA

Հրատ. խմբագիր՝

Ժ.Ս. ՄԵՅՐԱՆՅԱՆ

Խմբագիրներ՝

Հ.Յ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

Հ.Զ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

© Издательство НПУА

Известия НАН РА и НПУА (сер. Техн. наук), 2023

Գ.Լ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Ա.Հ. ԴԱՎԹՅԱՆ, Գ.Ռ. ԿԵՍՈՅԱՆ

**ՀԱՐԹ ԼԱՐՎԱԾԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿՈՒՄ ՈւՂԱՆԿՑՈՒՆ ՆՄՈՒՇՆԵՐԻ
ԿՈՐԶԱՆՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՏԱՐԲԵՐ ՀՊԱԿԱՅԻՆ ՇՓՄԱՆ
ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ**

Հարթ լարվածային վիճակում վերլուծական մեթոդով հետազոտվել են սեպաձև մամլամայրում ուղղանկյուն հատույթով նմուշի կորզանման գործընթացի լարվածային վիճակի բաղադրիչները տարբեր հպակային շփման պայմաններում: Օգտագործվել է բարակ հատույթների մեթոդը, ըստ որի ստացվել են լարվածային վիճակի կորզանող և ձևավորող լարումների բանաձևերը, որոնք չափագուրկ տեսքով կիրառելի են և՛ հոծ, և՛ եռակաված նյութերի դեպքում: Թվային հաշվարկի միջոցով իրականացվել է նաև հարթ լարվածային և դեֆորմացիոն վիճակների խնդիրների համեմատական վերլուծություն:

Առանցքային բառեր. սեպաձև մամլամայր, ուղղանկյուն հատույթով նմուշ, կորզանում, եռակաված նյութ, հարթ լարվածային վիճակ, հպակային շփում:

Ներածություն: Կորզանումը մետաղների ճնշումով մշակման ամենակարևոր և տարածված գործընթացներից մեկն է: Ուշագրավ են մետաղների ճնշումով մշակման մեխանիկայում հետազոտությունները տարբեր հպակային շփման պայմաններում, առավել ևս, եթե դրանք վերաբերում են ուղղանկյուն լայնական հատույթով եռակաված նմուշներին:

[1] -ում կատարված հաշվարկների հիման վրա երաշխավորվել է հպակային շփման գործակցի արժեքը փոքրացնել մինչև $f = 0,02$, առանց արտադրանքի որակի կորստի կորզանման արագության մեծացման: Հաշվարկային տվյալների վերլուծությամբ ապացուցվել է այդ առաջարկի արդյունավետությունը մեծ արագությամբ բարձրածխածնային պողպատների կորզանման դեպքում: Մակայն, քանի որ կորզանման արտադրամասի տեխնոլոգը չի կարող ճշգրիտ իմանալ գործող ռեժիմներում գործընթացի ընթացքում իրական հպակային շփման գործակցի մեծությունը, ինչպես նաև դրա որոշման հավաստի եղանակը, ապա խորհուրդ է տրվում փոքրացնել հպակային շփման լարումները՝ կորզանման ընթացքում ջերմաստիճանի աճը սահմանափակելու համար:

Նշված խնդիրների արդյունքում անհրաժեշտություն առաջացավ՝ ուսումնասիրելու [2] աշխատանքը, ըստ որի՝ հպակային շփման մեծության ազդեցությունը բավականին մեծ է մետաղալարում ջերմանջատման վրա: Գործընթացի ժամանակ

ջերմաստիճանային բաշխման գոտիները ցույց են տվել, որ հպակային շփման գործակցի $f = 0,05$ արժեքի փոքրացումը մինչև $f = 0,02$, որը կարելի է ստանալ հատուկ տեխնոլոգիայով, փոքրացնում է մետաղալարի ջերմաստիճանի առավելագույն միջակայքը $344...394^{\circ}\text{C}$ -ից մինչև $249...270^{\circ}\text{C}$: Արդյունքում՝ հպակային շփման գործակցի փոքրացման հատուկ տեխնոլոգիայի առկայության դեպքում դրա $f = 0,02$ արժեքի համար կորզանման արագությունը կարելի է բարձրացնել մինչև 8 մ/վ , որը 37% -ով ավելի բարձր է արտադրությունում ընդունված տեխնոլոգիական արագությունից:

[3] -ում հարթ դեֆորմացիայի պայմաններում վերլուծական մեթոդով հետազոտվել է ուղղանկյուն հատույթով եռակալված նմուշի կորզանման գործընթացի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը (ԼԴՎ): Խնդրի լուծման համար օգտագործվել է բարակ հատույթների մեթոդը: Համատեղ լուծելով տարրի հավասարակշռության հավասարումը (ՀՀ) Տրեսկա – Սեն-Վենանի պլաստիկության պայմանը (ՊՊ) հաշվի առնելով՝ ստացվել են նյութի լարվածային վիճակի չափագույրկ մեծությունները: Հարթ դեֆորմացիայի հետևանքով նմուշի լայնությունը կորզանման ընթացքում մնում են անփոփոխ, այսինքն փոփոխվում են նմուշի հաստությունը և երկարությունը:

Հոծ և եռակալված նյութերի դեպքում [4] -ում իրականացվել է խնդրի «ABAQUS» ավտոմատացված ծրագրային միջավայրում (ԱՕՄ) մոդելավորումը, ինչպես հոծ նյութի սխեմայով, այնպես էլ նյութին տարբեր սկզբնական հարաբերական խտություններ հաղորդելով: Ստացված նմուշը ձևավորող, ձգող և լայնական լարումների արժեքները համեմատվել են վերլուծական մեթոդով [3] ստացված տվյալների հետ: Նմուշի՝ մամլամայրի հետ հպակային և առանցքային հանգույցներում դուրս են բերվել ծակոտկենության բաշխվածությունները, և վերջավոր տարրերով ցանցի բաժանման հորիզոնական ուղղությամբ հանգույցների ծակոտկենության միջինացված մեծությունները համեմատվել են վերլուծական մեթոդով [3] ստացվածների հետ:

[5] -ում նախագծվել է սեպաձև մամլամայրի նախնական մոդելը՝ քննարկելով դրա կառուցվածքային առավելությունները: Նախագծված սեպաձև մամլամայրում իրականացվել է հոծ նյութի կորզանման գործընթացի մոդելավորում, ուսումնասիրելով տարբեր սեպերի թեքության անկյունների դեպքերում ԼԴՎ բաղադրիչների բաշխվածությունը: [6] - ը հանդիսանում է [5] - ի շարունակությունը, որտեղ համակցված մեթոդով հետազոտվել են եռակալված նյութի կորզանման ԼԴՎ բաղադրիչները տարբեր սեպերի թեքության անկյունների դեպքում: Նշենք, որ համակցված մեթոդի դեպքում խնդիրը սկզբում մոդելավորվել է «ABAQUS» ԱՕՄ – ում հոծ նյութի համար, այնուհետև, օգտագործելով մոդելավորման արդյունքում ստացված նյութի ԼԴՎ բաղադրիչները և ծակոտկեն նյութերի պլաստիկ

դեֆորմացիոն տեսության (ՄՆՊՏ) բանաձևերը, հաշվարկվել են եռակալված նյութի դեպքում սկզբնական ծակոտկենության փոփոխությունները:

Արդյունքում ուղղանկյուն հատույթով հոծ և եռակալված խնդիրների վերլուծական մեթոդով հետազոտումը հեղինակների կողմից իրականացվել է հարթ դեֆորմացիայի պայմաններում, այսինքն y առանցքի ուղղությամբ (նկ.1) դեֆորմացիան բացակայում է: Իսկ ինչ վերաբերում է հարթ լարվածային վիճակին, երբ y առանցքի ուղղությամբ լարումը բացակայում է, ապա այդ խնդիրը լուծված չէ, հետևաբար՝ այդ ուղղությամբ աշխատանքներն արդիական են:

Աշխատանքի նպատակն է հարթ լարվածային վիճակում և տարբեր հպակային շփման պայմաններում սեպաձև մամլամայրում ուղղանկյուն հատույթով նմուշի կորզանման գործընթացի բարակ հատույթների մեթոդով հետազոտումը և համեմատումը հարթ դեֆորմացիոն վիճակի հետ:

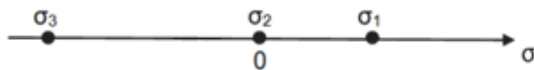
Բարակ հատույթների մեթոդով օգտագործվում է դեֆորմացվող նմուշից dz հեռավորությամբ երկու լայնական հատույթներով անջատված տարրի (նկ. 1) ՀՀ -ն [3, 7]: Նկ.1-ում p_1 -ը կորզանող ուժն է, x_0 -ն և x_1 -ը՝ համապատասխանաբար սկզբնական և վերջնական հաստությունները:

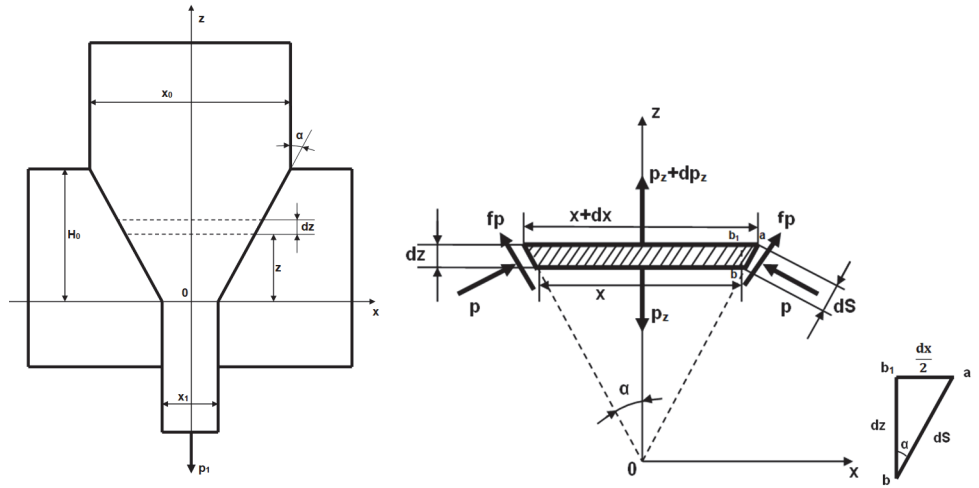
Խնդրի դրվածքը: Խնդիրը լուծելու համար ընդունվում է, որ այդ հատույթներում առանցքային p_z լարումները բաշխված են հավասարաչափ [7], իսկ նմուշի և սեպաձև մամլամայրի հպակային գոտիներում ազդում են նորմալ p և շոշափող $\tau = fp$ լարումներ, որտեղ f -ը շփման գործակիցն է:

Դիտարկվում է կորզանման դեպքում նմուշի պլաստիկ դեֆորմացման այն դեպքը, երբ դրա b լայնության չափը փոփոխական է, այսինքն այդ ուղղությամբ σ_y նորմալ լարումը բացակայում է ($\sigma_y = 0$), և ստացվում է հարթ լարվածային վիճակ: Հետևաբար, սեպի թեքության փոքր անկյունների և նմուշի ու մամլամայրի միջև փոքր շփման գործակիցների դեպքում առաջացած σ_1, σ_2 և σ_3 -ը գլխավոր լարումներն են.

$$\sigma_1 = p_z, \sigma_2 = \sigma_y = 0, \sigma_3 \approx -p, \quad (1)$$

որոնք լարումների առանցքի վրա կդասավորվեն հետևյալ կերպ.





Նկ. 1. Կորզանման գործընթացի պրոյեկցիան y առանցքին ուղղահայաց հարթության մեջ և նմուշի տարրը համապատասխան չափերով ու դրա վրա ազդող լարումներով [7]

Օգտվելով բարակ հատույթի մեթոդից, ըստ նկ. 1-ի սխեմայի՝ $\sum z = 0$, ՀՀ - ն կունենա հետևյալ տեսքը.

$$(p_z + dp_z)(x + dx)b + 2pdSbs\sin\alpha + 2fpdSb\cos\alpha - p_zxb = 0: \quad (2)$$

Ըստ նկ. 1-ի՝ H_0 -ն մամլամայրի սեպաձև մասի բարձրությունն է, z -ը՝ տարրի հեռավորությունը x առանցքից, $dS = dz/\cos\alpha$ -ն՝ մամլամայրի հետ տարրի հպակային գոտու չափը, և $dz = (dx/2)\operatorname{ctg}\alpha$:

(2) – ի ձևափոխության ժամանակ առաջացող $dp_z dx$ մեծությունը, որպես երկրորդ կարգի փոքր մեծություն անտեսելով ($dp_z dx \approx 0$), կարող ենք (2) հավասարումը ներկայացնել հետևյալ կերպ.

$$p_z dx + dp_z x + 2pdz\operatorname{tg}\alpha + 2fpdz = 0: \quad (3)$$

x փոփոխականը ներկայացնելով z -ով՝

$$x = x_1 + 2z\operatorname{tg}\alpha, \quad (4)$$

և (3) հավասարումը աստիճանաբար ձևափոխելով՝ կստանանք.

$$\begin{aligned} p_z dx + 2p(dx/2) + 2fp(dx/2)\operatorname{ctg}\alpha &= -dp_z x, \\ dx(p_z + p + fp\operatorname{ctg}\alpha) &= -dp_z x, \\ dx[p_z + p(1 + f\operatorname{ctg}\alpha)] &= -dp_z x, \\ \frac{dp_z}{p_z + p(1 + f\operatorname{ctg}\alpha)} &= -\frac{dx}{x}: \end{aligned} \quad (5)$$

Սկզբում խնդիրը լուծենք հոծ նյութերի դեպքում և ստացված (5) հավասարումը լուծելու համար օգտվենք Ջոնսոնի մոտարկումով ստացված ՊՊ -ից [8]՝

$$\sigma_1 - \sigma_3 = k\sigma_h, \quad (6)$$

որտեղ k -ն հաստատուն է:

Նշենք, որ (6) բանաձևը ճարտարագիտական խնդիրներ լուծելու համար կարելի է համարել ընդհանրացված ՊՊ, քանի որ դրանից $k = 1$ -ի դեպքում ստացվում է Տրեսկա – Սեն-Վենանի ՊՊ -ն, որն արդյունք է Միգեսի ՊՊ -ի մոտարկման:

Հաշվի առնելով (1)-ը՝ կստանանք.

$$p = k\sigma_h - p_z, \quad (7)$$

որտեղ σ_h -ն նյութի հոսունության սահմանն է:

Հաշվի առնելով (6)-ը, (5) հավասարումը ներկայացնենք հետևյալ տեսքով.

$$\frac{dp_z}{p_z fctg\alpha - k\sigma_h(1 + fctg\alpha)} = \frac{dx}{x}.$$

Ստացված դիֆերենցիալ հավասարումը լուծելու համար ինտեգրենք այն հետևյալ հաջորդականությամբ.

$$\begin{aligned} \int \frac{dp_z}{p_z fctg\alpha - k\sigma_h(1 + fctg\alpha)} &= \int \frac{dx}{x}, \\ \int \frac{d[p_z fctg\alpha - k\sigma_h(1 + fctg\alpha)]}{p_z fctg\alpha - k\sigma_h(1 + fctg\alpha)} &= fctg\alpha \int \frac{dx}{x}, \\ \ln[p_z fctg\alpha - k\sigma_h(1 + fctg\alpha)] &= fctg\alpha \cdot \ln(x) + \ln C, \\ \ln[p_z fctg\alpha - k\sigma_h(1 + fctg\alpha)] &= \ln(x)^{fctg\alpha} + \ln C, \\ \ln[p_z fctg\alpha - k\sigma_h(1 + fctg\alpha)] &= \ln(x^{fctg\alpha} \cdot C), \end{aligned} \quad (8)$$

որտեղ C -ն ինտեգրման հաստատունն է:

Կատարելով նշանակում՝ $c = fctg\alpha$ ու տեղադրելով (8)-ի մեջ, կստանանք.

$$cp_z - k\sigma_h(1 + c) = (x)^c \cdot C: \quad (9)$$

Նմուշի սեպաձև մամլամայրում կորզանման դեպքում օգտվենք հետևյալ եզրային պայմանից, երբ $x = x_0$, $p_z = 0$ և (9)-ից որոշենք C ինտեգրման հաստատունը.

$$C = \frac{-k\sigma_h(1+c)}{(x_0)^c}: \quad (10)$$

(10)-ից C - ի արժեքը տեղադրելով (9)-ի մեջ՝ կստանանք ուղղանկյուն հատույթով նմուշի առանցքի ուղղությամբ ձգման լարման p_z -ի որոշման բանաձևը՝ կախված x փոփոխականի արժեքից.

$$cp_z - k\sigma_h(1+c) = \frac{(x)^c}{(x_0)^c} \cdot [-k\sigma_h(1+c)],$$

$$cp_z = \left(\frac{x}{x_0}\right)^c \cdot [-k\sigma_h(1+c)] + k\sigma_h(1+c),$$

$$p_z = k\sigma_h \frac{1+c}{c} \left[1 - \left(\frac{x}{x_0}\right)^c\right]: \quad (11)$$

p_z -ի արժեքը (11)-ից տեղադրելով (6) պլաստիկության պայմանի մեջ՝ կստանանք նմուշի վրա մամլամայրի ազդող նորմալ p ճնշման բանաձևը.

$$p = k\sigma_h \left(1 - \frac{1+c}{c} \left[1 - \left(\frac{x}{x_0}\right)^c\right]\right): \quad (12)$$

Կատարենք p_z , p և σ_y լարումների հետևյալ չափագուրկ նշանակումները՝

$$\overline{p_z} = p_z / \sigma_h, \overline{p} = p / \sigma_h, \overline{\sigma_y} = 0: \quad (13)$$

Համաձայն (13)-ի, ՊՊ (6) ընդունում է հետևյալ տեսքը.

$$\overline{p} = k - \overline{p_z}: \quad (14)$$

Հետևաբար, $\overline{p_z}$ և $\overline{p}$ չափագուրկ լարումները կորոշվեն.

$$\overline{p_z} = k \frac{1+c}{c} \left[1 - \left(\frac{x}{x_0}\right)^c\right], \overline{p} = k \left(1 - \frac{1+c}{c} \left[1 - \left(\frac{x}{x_0}\right)^c\right]\right): \quad (15)$$

Այսպիսով, ստացանք ուղղանկյուն հատությամբ նմուշի կորզանման ժամանակ առաջացած ԼԴՎ չափագուրկ բաղադրիչները, որոնք կիրառելի են ինչպես ցանկացած պլաստիկ դեֆորմացված նյութի, այնպես էլ եռակալված նյութերի դեպքում: Նյութերի իրական p_z և p լարումների որոշման համար բավական է ունենալ դրանց հոսունության սահմանների σ_h արժեքները: Եռակալված նյութերի դեպքում σ_{hv} -ն կախված կլինի նյութի սկզբնական ծակոտկենությունից հետևյալ բանաձևով՝

$$\sigma_{hv} = \sigma_h(1-v)^{n+0.5}, \quad (16)$$

որտեղ σ_h -ը հիմնանյութի հոսունության սահմանն է, իսկ n -ը՝ ծակոտկենության երկրորդ պարամետրը [9]:

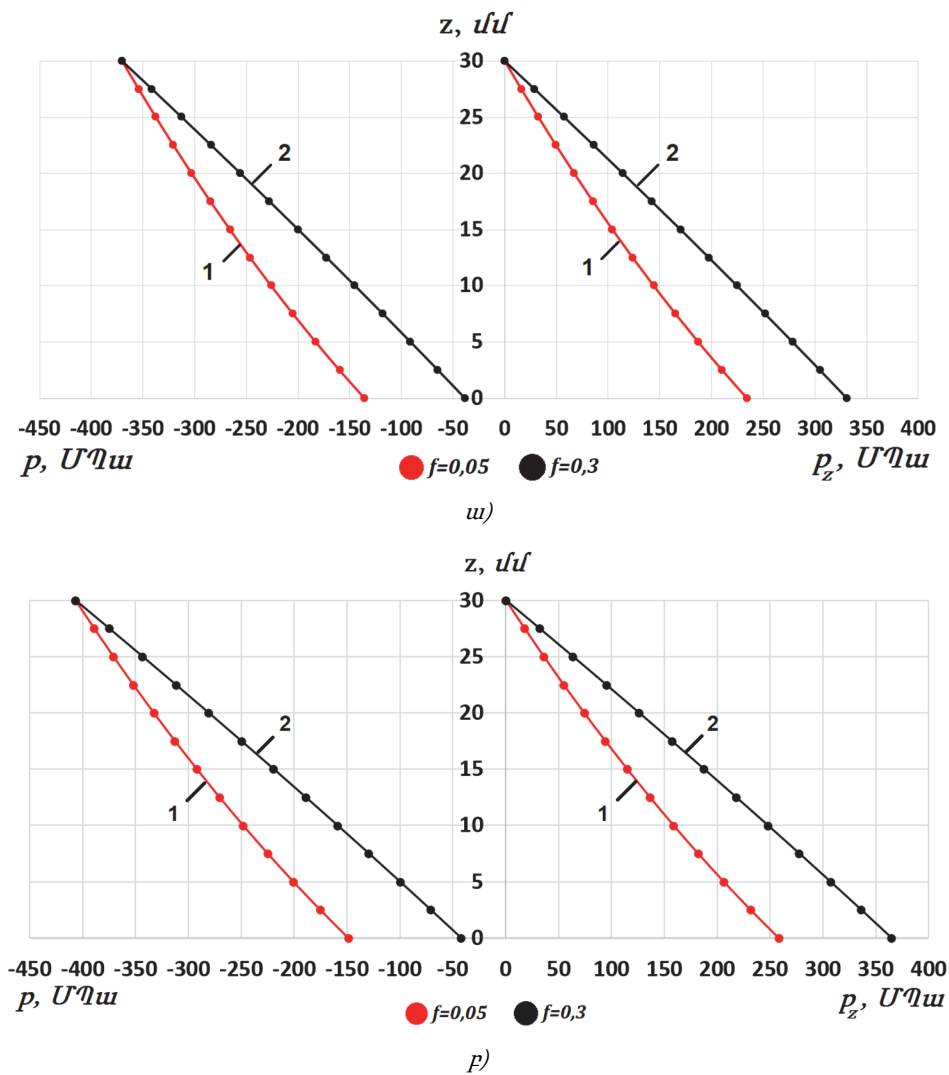
Թվային օրինակ: Ընդունենք՝ $x_1 = 20$ մմ, $H_0 = 30$ մմ (նկ. 2), $f = 0,05$ և $0,3$, $\alpha = 14^\circ$, $k = 1$ և $1,1$, $\sigma_h = 370$ ՄՊա [10], նյութը՝ չկոփված պողպատ 45: Երբ $z = H_0$ ($x = x_0$), (4)-ից կստանանք՝

$$x_0 = x_1 + 2H_0 \operatorname{tg} \alpha: \quad (17)$$

Այժմ, որպեսզի ստանանք ԼԴՎ բաղադրիչների գրաֆիկները, կախված z փոփոխականից (11), (12) բանաձևերը ձևափոխենք՝ օգտվելով (4)-ից ու (17)-ից.

$$p_z = k\sigma_h \frac{1+c}{c} \left[1 - \left(\frac{x_1 + 2ztg\alpha}{x_1 + 2H_0tg\alpha} \right)^c \right], p = k\sigma_h \left(1 - \frac{1+c}{c} \left[1 - \left(\frac{x_1 + 2ztg\alpha}{x_1 + 2H_0tg\alpha} \right)^c \right] \right): \quad (18)$$

Excel ծրագրային միջավայրում ստացված բանաձևերով կատարվել են թվային հաշվարկներ, կազմվել են ԼԴՎ բաղադրիչների բաշխման գրաֆիկները (նկ. 2):



Նկ. 2. Կորզանող և ձևավորող լարումների գրաֆիկները տարբեր հպակային շփման պայմաններում՝ $f = 0,05$ (1 կոր) և $f = 0,3$ (2 կոր), երբ $k = 1$ (ա) և $k = 1.1$ (բ)

Նկ. 2-ից նկատելի է, որ շփման գործակցի աճին համապատասխան կորգանող լարման մեծությունն աճում է, քանի որ կորգանման ուղղությամբ նմուշի նյութի շարժման դիմադրությունը մեծանում է: Ձևավորող լարումների դեպքում՝ հարթ դեֆորմացիոն վիճակում դրանք մամլամայրի մուտքային հատվածում ընդունում են ավելի մեծ արժեքներ, քան հարթ լարվածային վիճակում, որը բացատրվում է նմուշի՝ լայնության ուղղությամբ դեֆորմացվելու հնարավորությամբ:

Այժմ հաշվարկենք նյութում ծակոտկենության բաշխվածությունը: Ուղղանկյուն լայնական հատույթով հոծ և եռակալված նախապատրաստվածքների կորգանման գործընթացի պլաստիկ դեֆորմացման բնութագրերը տարբեր սկզբնական ծակոտկենությունների դեպքում որոշվում են, օգտվելով ԾՆՊԴՏ հայտնի դեֆորմացիաների և լարումների կապի բանաձևից.

$$\varepsilon_z = \frac{3\varepsilon_{eq}}{2(1-\nu_0)^{3n}\sigma_{eq}} [\sigma_z - (1 - 2\nu_0^m)\sigma_0], \quad (19)$$

որտեղ ε_z -ը կորգանման ուղղությամբ դեֆորմացիան է, ε_{eq} և σ_{eq} -ը՝ դեֆորմացիաների և լարումների համարժեքայինները, ν_0 -ն՝ եռակալված նյութի սկզբնական ծակոտկենությունը, σ_z -ը՝ կորգանման լարումը, σ_0 -ն՝ միջին նորմալ լարումը, m -ը և n -ը՝ ծակոտկենության պարամետրերը:

(19) հավասարումից գտնում ենք դեֆորմացիաների համարժեքայինը և հաշվի առնելով (16) -ը՝ ստացվում է.

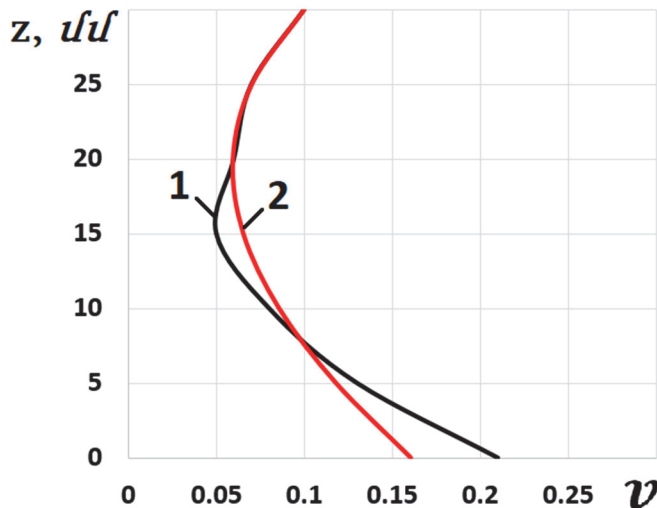
$$\varepsilon_{eq} = \frac{2(1-\nu_0)^{3n}(1-\nu_0)^{n+0.5}\sigma_h\varepsilon_z}{3[\sigma_z - (1-2\nu_0^m)\sigma_0]} = \frac{2(1-\nu_0)^{4n+0.5}\sigma_h\varepsilon_z}{3[\sigma_z - (1-2\nu_0^m)\sigma_0]}. \quad (20)$$

(20) -րդ բանաձևով հաշվարկներ կատարելուց հետո դեֆորմացիաների համարժեքայինի տվյալները տեղադրում ենք ԾՆՊԴՏ ծակոտկենության հաշվարկման բանաձևի մեջ.

$$\nu = 1 - (1 - \nu_0) \exp\left(-\frac{9\nu_0^m\sigma_0\varepsilon_{eq}}{(1-\nu_0)^{3n}\sigma_{eq}}\right). \quad (21)$$

(21) -ով հաշվարկներ կատարելուց հետո կառուցվել են ծակոտկենության բաշխման գրաֆիկները հարթ լարվածային վիճակի դեպքում, և որպես համեմատական բնութագիր ցուցադրվել է նաև հարթ դեֆորմացիոն վիճակում [1] ծակոտկենության բաշխվածության կորը:

Ծակոտկենության բաշխվածությունների (նկ. 3) համեմատական վերլուծություն իրականացնելուց պարզ դարձավ, որ չնայած այն հանգամանքին, որ հարթ դեֆորմացիոն վիճակի դեպքում նյութի սկզբնական 10% ծակոտկենությունը մինչև մամլամայրի բարձրության կեսը ավելի փոքր արժեքներ է ընդունում, հարթ լարվածային վիճակում ծակոտկենությունը մամլամայրի ելքային հատվածում ընդունում է ~16% արժեք, իսկ հարթ դեֆորմացիոն պայմաններում՝ ~21%:



Նկ. 3. Ծակոտկենության բաշխվածության կորերը կորզանման ժամանակ՝ հարթ դեֆորմացիոն վիճակ (1 կոր), հարթ լարվածային վիճակ (2 կոր)

Եզրակացություն. Վերլուծական մեթոդով լուծվել է ուղղանկյուն լայնական հատությամբ նմուշի սեպաձև մամլամայրում կորզանման գործընթացի խնդիրը հարթ լարվածային վիճակում և տարբեր հպակային շփման պայմաններում: Համեմատական ուսումնասիրություն է իրականացվել հարթ լարվածային և դեֆորմացիոն վիճակների խնդիրների լարվածային վիճակի բաղադրիչների միջև, հաշվի առնելով նաև շփման գործակցի փոփոխման ազդեցությունը: Նկատվել է, որ շփման գործակցի աճին համապատասխան կորզանող լարման մեծությունն աճում է, քանի որ կորզանման ուղղությամբ նմուշի նյութի շարժման դիմադրությունը մեծանում է: Ձևավորող լարումների դեպքում՝ հարթ դեֆորմացիոն վիճակում, դրանք մամլամայրի մուտքային հատվածում ընդունում են ավելի մեծ արժեքներ, քան հարթ լարվածային վիճակում, որը բացատրվում է նմուշի լայնության ուղղությամբ դեֆորմացվելու հնարավորությամբ:

Ծակոտկենության բաշխվածությունների համեմատական վերլուծություն իրականացնելուց պարզ դարձավ, որ չնայած այն հանգամանքին, որ հարթ դեֆորմացիոն վիճակի դեպքում նյութի սկզբնական 10% ծակոտկենությունը մինչև մամլամայրի բարձրության կեսը ավելի փոքր արժեքներ է ընդունում, հարթ լարվածային վիճակում ծակոտկենությունը մամլամայրի ելքային հատվածում ընդունում է ~16% արժեք, իսկ հարթ դեֆորմացիոն պայմաններում՝ ~21%:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Гурьянов Г.Н.** Методы определения коэффициента трения при волочении круглого сплошного профиля // Заводская лаборатория. Диагностика материалов.- 2016.- Том 82, №8.- С. 60-68.
2. Численное моделирование и исследование влияния контактного трения на распределение температурных полей и напряженно-деформированное состояние в стальной проволоке при высокоскоростном волочении / **М.Н. Верещагин, Ю.Л. Бобарикин, М.Ю. Целуев, А.В. Веденеев, О.И. Игнатенко** // Литье и металлургия.- 2009.- №4 (53).- С. 126-129.
3. **Պետրոսյան Գ.Լ., Դավթյան Ա.Հ.** Ուղղանկյուն հատույթով եռակաված նմուշի սեպաձև մամլամայրում կորզանման գործընթացի հետազոտումը // ՀԱՊՀ-ի Լրաբեր.- Երևան, 2020.- Մաս 2.- էջ 295-304:
4. **Петросян Г.Л., Давтян А.А.** Компьютерное моделирование процессов волочения сплошного и спеченного образцов прямоугольного сечения в клиновидной матрице // Вестник НПУА: Механика, Машиноведение, Машиностроение.- Ереван, 2020.- №1.- С. 37-47.
5. **Դավթյան Ա.Հ.** Սեպաձև մամլամայրում ուղղանկյուն հատույթով նմուշի կորզանման համակարգչային մոդելավորումը սեպի տարբեր թեքությամբ անկյունների դեպքում // ՀԱՊՀ -ի Լրաբեր.- Երևան, 2021.- Մաս 1.- էջ 90-99:
6. **Петросян Г.Л., Давтян А.А.** Исследование напряженно-деформированного состояния процессов волочения спеченных образцов прямоугольного сечения в клиновидных матрицах различных наклонов комбинированным методом // Международный сборник научных трудов ДонНТУ: Прогрессивные технологии и системы машиностроения.- Донецк, 2021.- №4 (75).- С. 69-79.
7. **Hosford W.F., Caddell R.M.** Metal forming mechanics and metallurgy.- Cambridge, 2007.- 312p.
8. **Джонсон У., Меллор П.Б.** Теория пластичности для инженеров. - М.: Машиностроение, 1979.- 567 с.
9. **Петросян Г.Л.** Пластическое деформирование порошковых материалов.- М.: Металлургия, 1988.- 153с.
10. **Феодосьев В.И.** Сопротивление материалов: Учебник для вузов.- М.: Наука, 1986.- 512с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, «ՔԵՆՏԷ» սինթրոտրոնային հետազոտությունների ինստիտուտ, «Մամլիչ-ՆԿ» ՍՊԸ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 16.12.2022:

Г.Л. ПЕТРОСЯН, А.А. ДАВТЯН, Г.Р. КЕСОЯН

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЛОЧЕНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ
ОБРАЗЦОВ В ПЛОСКОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ ПРИ
РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ КОНТАКТНОГО ТРЕНИЯ**

В плоском напряженном состоянии аналитическим методом исследованы компоненты напряженного состояния процесса волочения образца прямоугольного сечения в клиновидной матрице при различных условиях контактного трения. Используя метод тонких сечений, получены формулы напряжений волочения и формирующих напряжений напряженного состояния, которые в безразмерном виде применимы как для сплошных, так и для спеченных материалов. С помощью численного расчета проведен сравнительный анализ задач плоского напряженного состояния и плоского деформированного состояния.

Ключевые слова: клиновидная матрица, образец прямоугольного сечения, волочение, спеченный материал, плоское напряженное состояние, контактное трение.

G.L. PETROSYAN, A.H. DAVTYAN, G.R. KESoyAN

**INVESTIGATING THE DRAWING PROCESS OF RECTANGULAR
SAMPLES IN A FLAT STRESS STATE UNDER VARIOUS CONDITIONS
OF CONTACT FRICTION**

In the flat stress state, the components of the stress state of the drawing process of a rectangular cross-section sample in a wedge-shaped die under various conditions of contact friction are analytically investigated. Using the method of thin sections, formulas of drawing stresses and forming stresses of the stress state are obtained, which, in the dimensionless form, are applicable for both solid and sintered materials. With the help of numerical calculation, a comparative analysis of the problems of a flat stress state with a flat deformation state is also carried out.

Keywords: wedge-shaped die, rectangular section sample, drawing, sintered material, flat stress state, contact friction.

Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Վ.Ա. ՄԻՄՈՆՅԱՆ, Գ.Ա. ՎԱՄԻԼՅԱՆ, Ա.Ս. ԱՂԲԱԼՅԱՆ

ՌԵՆԻՈՒՄՈՎ ԼԵԳԻՐՎԱԾ ՄԱՐՏԵՆՍԻՏԱՅԻՆ ԾԵՐԱՑՈՂ
ՓՈՇԵՂՈՂՊԱՏՆԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Ժամանակակից մետալուրգիայի և նյութագիտության առաջնային ուղղություններից մեկը ֆունկցիոնալ հատկություններով նոր պողպատների, համաձուլվածքների և կոմպոզիտային նյութերի ստեղծումն է, որոնք օգտագործվում են տրանսպորտային տեխնիկայում, ատոմային էներգետիկայում, ռազմական արդյունաբերությունում և այլուր:

Մշակվել է Հայաստանի Հանրապետությունում արտադրվող ռենիում պարունակող մոլիբդենիտային խտանյութերից ամոնիումի պերոենատի ստացման ժամանակակից տեխնոլոգիա: Բացահայտվել է $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--NiO--CoO--MoO}_3$ օքսիդային համակարգում ընթացող ֆերիտացման գործընթացի մեխանիզմը և կինետիկան, որի արդյունքում մշակվել է $[\text{Ni}_{1-x}, \text{Co}_x](\text{Fe}_{1-x}, \text{Mo}_x)_2\text{O}_4$ բարդ օքսիդի սինթեզման տեխնոլոգիա, ինչպես նաև բացահայտվել են սինթեզված բարդ օքսիդի և ամոնիումի պերոենատից (NH_4ReO_4) պատրաստված բովախառնուրդի վերականգնման մեխանիզմն ու կինետիկան: Ցույց է տրված, որ ռենիումը, լինելով շատ ակտիվ մետաղ և լուծվելով Fe--Ni--Co--Mo համակարգում, առաջացնում է պինդ լուծույթներ և ռենիումի միջմետաղական միացություններ՝ բարձրացնելով փոշեպողպատի ամրությունը, կարծրությունը, հարվածային մածուցիկությունը, ջերմակայունությունը, կոռոզիակայունությունը և սառնաբեկունությունը:

Համալիր փորձագիտական հետազոտությունների արդյունքում մշակվել է ռենիումով լեգիրված բարձրամուր մարտենսիտային ծերացող փոշեպողպատների ստացման տեխնոլոգիա, որը ներառում է ռենիում պարունակող մոլիբդենիտային խտանյութերից ամոնիումի պերոենատի ստացման, մետաղական օքսիդներից բարդ օքսիդների սինթեզման, բովախառնուրդի պատրաստման, վերականգնման (ուղեկցվում է ռենիումով լեգիրված պողպատափոշու ստացմամբ), ծակոտկեն մամլվածքների մամլման, եռակալման, տաք արտամղման և ջերմային մշակման գործընթացները: Ցույց է տրված, որ ստացված փոշեպողպատն իր ֆիզիկա-մեխանիկական և տեխնոլոգիական հատկություններով չի զիջում ստանդարտ պողպատներին, իսկ որոշ դեպքերում գերազանցում են դրանց:

Առանցքային բառեր. ռենիում, ամոնիումի պերոենատ, բարդ օքսիդային համակարգի սինթեզ, բովախառնուրդ, վերականգնում, պողպատափոշի, մամլում, եռակալում, տաք արտամղում, փոշեպողպատ, թրծում, մխում, ծերացում, մանրահատիկ կառուցվածք, ինտերմետաղական ֆազ:

Ներածություն: Ժամանակակից տեխնիկայի զարգացումը պահանջում է ֆունկցիոնալ հատկություններով, հատկապես՝ բարձր ամրությամբ, կարծրությամբ, պլաստիկությամբ, հարվածային մածուցիկությամբ, ջերմակայունությամբ,

հրամրությամբ, հրակայունությամբ, կոռոզիակայունությամբ, սառնաբեկունությամբ, բացասական ջերմաստիճաններում փխրուն քայքայման նկատմամբ կայունությամբ պողպատների, համաձուլվածքների և կոմպոզիտային նյութերի ստեղծում: Այդպիսի հեռանկարային նյութերից են մարտենսիտային ծերացող պողպատները, որոնք օգտագործվում են տրանսպորտային տեխնիկայում, ատոմային էներգետիկայում, ռազմական արդյունաբերությունում և այլուր [1-3]: Մետալուրգիական ավանդական եղանակներով ստացման ժամանակ այս պողպատներն աղտոտվում են ածխածնով, ջրածնով, թթվածնով, ազոտով, ծծմբով և ֆոսֆորով, որի հետևանքով տեղի է ունենում հատկությունների կտրուկ նվազում, միաժամանակ՝ բյուրեղացման գործընթացում ձուլվածքում առաջանում է շերտավոր կառուցվածք, որոնք հանդիսանում են այս պողպատների լայն տարածում չգտնելու հիմնական պատճառները: Նշված թերությունները վերացնելու և մարտենսիտային ծերացող պողպատին պահանջվող հատկություններ տալու նպատակով նպատակահարմար է այն լեգիրել ռենիումով, իսկ պողպատը ստանալ փոշեմետալուրգիական եղանակներով՝ որպես ելանյութ օգտագործելով լեգիված մետաղափոշիներ [4-6]: Ռենիումը պողպատներին տալիս է բարձր ամրություն, մաշակայունություն, ջերմակայունություն և սառնաբեկունություն՝ ընդլայնելով դրանց կիրառման շրջանակները: Այս տեսակետից մարտենսիտային ծերացող պողպատների լեգիրումը ռենիումով և ստացումը փոշեմետալուրգիական եղանակներով խիստ արդիական են և հեռանկարային:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Աշխատանքի նպատակն է մշակել Հայաստանի Հանրապետությունում արտադրվող մոլիբդենիտային խտանյութերից ամոնիումի պերոենատի ստացման, $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--NiO--CoO--MoO}_3$ մետաղական օքսիդներից բարդ օքսիդների սինթեզման, դրանցից պատրաստված բովախառնուրդի վերականգնմամբ ПС-Н18К10М5Re մակնիշի ռենիումով լեգիրված պողպատափոշու ստացման, ծակոտկեն մամլվածքների մամլման, եռակալման, տաք արտամղման ու ջերմային մշակման տեխնոլոգիաներ:

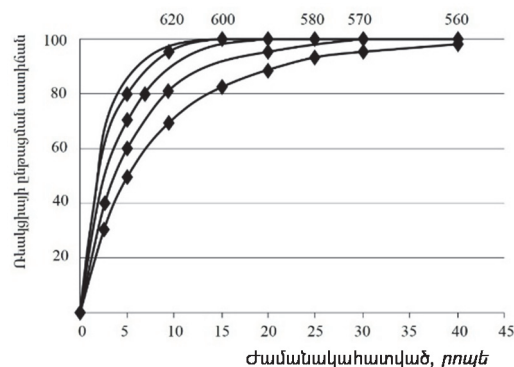
Հետազոտության մեթոդիկան հիմնավորելու նպատակով ուումնասիրվել են մարտենսիտային ծերացող պողպատների լեգիրող տարրերը, երկաթի հետ դրանց վիճակի դիագրամները և ազդեցությունը պողպատի հատկությունների վրա [6], ինչպես նաև ձուլմամբ և փոշեմետալուրգիական եղանակներով այս պողպատների ստացման տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները: Արդյունքում հիմնավորվել է մարտենսիտային ծերացող պողպատների ստացման փոշեմետալուրգիական եղանակը, որը հնարավորություն է տալիս պողպատը լրացուցիչ լեգիրել ռենիումով և ստանալ խիստ մանրահատ ու բարձր ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով օժտված գերձգրիտ քիմիական բաղադրությամբ ու մաքրությամբ փոշեպողպատներ, հատկապես ածխածնի նվազագույն պարունակությամբ

[7]: Ուսումնասիրվել են ռենիումի միացությունները լեգիրող տարրերի հետ, դրանց կառուցվածքը, ֆիզիկա-մեխանիկական, քիմիական և տեխնոլոգիական հատկությունները:

Հետազոտության համար տեղեկատվական հիմք են հանդիսացել հրապարակված պաշտոնական տեղեկատուները և տեղեկագրերը, ինչպես նաև տեխնիկական պարբերականները, պատենտները, ԳՈՍՏ-երը և այլն: Փոշեպողպատի ստացման համար որպես հետազոտության մեթոդ ընտրվել է փոշեմետալուրգիական եղանակը, կառուցվածքային հետազոտությունների համար՝ մետաղագրական, ռենտգենաֆազային և ջերմաձանրաչափական հետազոտման մեթոդները, իսկ հատկությունների ուսումնասիրման համար՝ մեխանիկական փորձարկման մեթոդները:

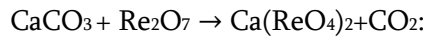
Հետազոտության արդյունքները: Ընտրվել և հիմնավորվել են հետազոտությունների համար անհրաժեշտ ելանյութերը՝ Fe_2O_3 , NiO , CoO , MoO_3 , NH_4Cl և NH_4ReO_4 , ուսումնասիրվել են դրանց բնութագրերը: Ցույց է տրվել, որ մոլիբդենիտային խտանյութի օքսիդացուցիչ բովման ժամանակ, որը կատարվել է $560\dots 620^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանային տիրույթում, խտանյութում առկա ռենիումն առաջացնում է Re_2O_7 , ReO_3 , ReO_2 միացություններ, որոնք շնորհիվ գոլորշու բարձր ճնշման՝ հեռացվում են գազային հոսքով և կլանվելով թաց փոշեկլանիչ համակարգի միջոցով ու մշակվելով ծծմբաթթվային լուծույթներով՝ դառնում են ռենիումի ստացման աղբյուր:

Նկ. 1-ում բերված են մոլիբդենիտի օքսիդացման կինետիկական կորերը՝ կախված ջերմաստիճանից և ժամանակից, համաձայն որի ռեակցիաների արագությունները շատ մեծ են առաջին 10 րոպեների ընթացքում, որից հետո գործընթացը դանդաղում է և կայունանում: Միաժամանակ, որքան բարձր է ջերմաստիճանը, այնքան մեծ են ռեակցիաների արագությունները:



Նկ. 1. Մոլիբդենիտային խտանյութի օքսիդացուցիչ բովման գործընթացը $560\dots 620^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանում

Ռենիումի օքսիդների սուրբիմացման աստիճանը կախված է բովման գործընթացի պայմաններից և հումքի բաղադրությունից: Եթե հումքի մեջ կալցիումի պարունակությունը բարձր է, ապա կալցիումի պերոենատի առաջացումը հանգեցնում է ռենիումի սուրբիմացիայի նվազման հետևյալ ռեակցիայով՝

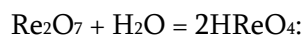


Օդի անբավարարության պատճառով հնարավոր է ցածր օքսիդների առաջացում՝ հետևյալ ռեակցիայով՝

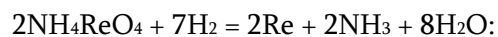


Համեմատաբար բարձր է սուրբիմացիան եռացող շերտով վառարաններում, որտեղ այն հասնում է 92...96%-ի, ինչը բացատրվում է եռացող շերտում քիչ և ցածր օքսիդներ առաջանալու հավանականությամբ: Ամենաբարձր սուրբիմացիան գրանցվում է բովման գործընթացի վերջում, երբ արդեն հեռացվել է ծծմբի հիմնական մասը: Այդ ընթացում պետք է ապահովել օդի ավելցուկային քանակ՝ ծծմբային գազերի հետ մեկտեղ գոյացող ռենիումային միացությունները գազային ֆազ տեղափոխելու համար, և հնարավորություն ստեղծել՝ գործընթացը կատարելու ավելի ցածր ջերմաստիճաններում՝ 450...500°C: Ռենիումի դիսուլֆիդի (ReS_2) օքսիդացման ժամանակ ստացվող վերջնական արգասիքները Re_2O_7 , ReO_3 , ReO_2 միացություններն են:

Ռենիումի անհիդրիդն օժտված է ուժեղ հիդրոսկոպությամբ և լավ փոշիանում է օդում, ջրի հետ միանալով՝ առաջացնում է ռենիումական թթու.



Ջրածինը վերականգնում է ռենիումի օքսիդը մինչև մետաղական ռենիումի ստացումը 450...500°C ջերմաստիճաններում: Գործնականում ռենիում ստանալու համար կատարվում է ռենիումի աղերի (ամոնիումի և կալիումի պերոենատներ) վերականգնում ջրածնով՝ 500°C-ից բարձր ջերմաստիճաններում՝

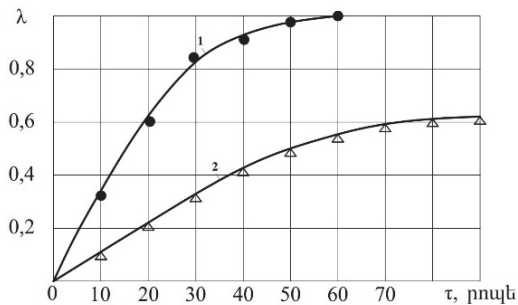


Կալիումի պերոենատից ռենիումը մաքուր չի ստացվում, որովհետև այն դժվարությամբ է մաքրվում: Ամոնիումի պերոենատից ստացվում է համեմատաբար ավելի մաքուր ռենիում, որում մնում են միայն այլ տարրերի հետքեր և քիչ քանակությամբ վնասակար խառնուկներ: Ինչպես մնացած դժվարահալ մետաղների դեպքում, այնպես էլ ռենիումի փոշիներից անծակոտկեն և խիտ կառուցվածքով մետաղ կարելի է ստանալ փոշեմետալուրգիայի եղանակով:

Ռենիումի աղերից առավել կայուն են պերոենատները, որոնք ստացվում են ռենիումի թթուների չեզոքացման շնորհիվ՝ համապատասխան օքսիդներով, հիդրոօքսիդներով, կարբոնատներով: Ամոնիումի պերոենատը (NH_4ReO_4) ստացվում է ռենիումի թթուն ամոնիակով չեզոքացնելով: Աղը համապատասխանաբար լավ է լուծվում ջրում և ծանր բյուրեղների ձևով նստում է հատակին: Տաքացման դեպքում ամոնիումի պերոենատը, 365°C -ից սկսած, տարրաբաժանվում է և ցնդում՝ առաջացնելով սև գույնի նստվածք՝ ռենիումի անհիդրիդ ReO_2 : Աղերի վերականգնումը ջրածնով հանգեցնում է մաքուր մետաղի՝ ռենիումի ստացմանը:

Ջերմածանրաչափական վերլուծությամբ բացահայտվել են $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--NiO--CoO--MoO}_3$ օքսիդային համակարգում ընթացող ֆերիտացման ռեակցիաները, մեխանիզմը և կինետիկան, համաձայն որոնց՝ ֆերիտացման գործընթացն ընթանում է փուլերով [8]: Սկզբում տեղի է ունենում օքսիդների քլորացում, որին հաջորդում են ծավալային և երկրորդային ռեակցիաները: Ցույց է տրվել, որ օքսիդային համակարգի սինթեզը NH_4Cl -ի առկայությամբ իրականանում է ըստ հետերոգեն ռեակցիաների մեխանիզմի ինչպես գազային, այնպես էլ պինդ ֆազում, որոնց արգասիքներն են MeFe_2O_4 , $\text{MeO}\cdot\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ շպինելի և $\text{NiFe}_2\text{O}_4\cdot\text{CoMoO}_4$ պինդ լուծույթների տիպի բարդ օքսիդները: $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--NiO--CoO--MoO}_3$ համակարգում կոբալտի ենթօքսիդը (CoO) միանում է MoO_3 -ի հետ՝ առաջացնելով CoMoO_4 միացությունը, սրանով իսկ խոչընդոտելով $\text{MoO}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ -ի սուբլիմացիան՝ գործնականում չփոխազդելով MoO_3 հետ: Օքսիդների անցումը օքսիդաքլորիդի բարձրացնում է սրանց ռեակցիոն ունակությունը, որի հետ կապված՝ ոչ միայն ակտիվանում են ֆերիտացման գործընթացները, այլ նաև հնարավոր է դառնում սինթեզել ինչպես թթվային, այնպես էլ հիմնային օքսիդներ՝ արդյունքում ստանալով $[\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x](\text{Fe}_{1-x}\text{Mo}_x)_2\text{O}_4$ բարդ օքսիդը: Փորձարարական եղանակով ընտրվել և հիմնավորվել են ֆերիտացման գործընթացի օպտիմալ ռեժիմները՝ $T_{\text{ֆ}}=1100\pm 50^\circ\text{C}$, $\tau_{\text{ֆ}}=3,5\dots 4,0$ ժ:

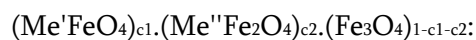
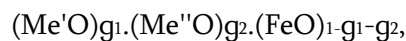
$18\%\text{Ni}+10\%\text{Co}+5\%\text{Mo}+0,7\%\text{Re}+\text{Fe}_{\text{մ}}$ բաղադրությամբ մարտենսիտային ծեփացող պողպատափոշի ստանալու նպատակով ջերմազրավիչափական սարքի կիրառմամբ վերականգնվել է $99\%[\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x](\text{Fe}_{1-x}\text{Mo}_x)_2\text{O}_4+1\%\text{NH}_4\text{ReO}_4$ բաղադրությամբ բովախառնուրդը, որը պատրաստվել է $1,5\dots 2,0$ ժ տևողությամբ մեխանիկական խառնման եղանակով: Վերականգնման աստիճանի (λ) կախվածությունը պահման տևողությունից ցույց է տրված նկ. 2-ում:



Նկ. 2. 99% $[Ni_{1-x}Co_x](Fe_{1-x}Mo_x)_2O_4 + 1\% NH_4ReO_4$ բաղադրությամբ բովախառնուրդի վերականգնման աստիճանի (λ) կախվածությունը պահման տևողությունից (τ , րոպե)՝
1 - 850°C, 2 - 650°C

Ինչպես երևում է նկարից, կինետիկ կորը ենթարկվում է վերականգնման ինքնակատալիզային գործընթացին. սկզբից նկատվում է զանգվածի արագ կորուստ՝ չնկատվող ինդուկցիոն պարբերությամբ: Մինթեզված $[Ni_{1-x}Co_x](Fe_{1-x}Mo_x)_2O_4$ բարդ օքսիդի վերականգնումը կատարվում է մեկ փուլով՝ առանց տրոհման [9]: Կինետիկ կորերի վրա չեն նկատվել քիմիական փոխակերպություններին առնչվող էֆեկտներ: Սակայն պարզ ընդգծվում են ուղղագծային և պարաբոլային տիրույթները: Սա վկայում է այն մասին, որ գործընթացը սկզբում ընթանում է կինետիկ ռեժիմով, իսկ հետո՝ դիֆուզիոն: Նկ. 2-ից երևում է, որ 850°C ջերմաստիճանում և 1 ժ տևողության ընթացքում (1 կոր) տեղի է ունենում լրիվ վերականգնում:

Ինչ վերաբերում է օքսիդային համակարգերի վերականգնման մեխանիզմին ու կինետիկային, ապա դրանք բավականին բարդ են, որը կարելի է բացատրել հետևյալ կերպ: $Me^{2+}Fe_2O_4$ օքսիդի վերականգնման գործընթացում առաջանում են փոփոխական բաղադրությամբ ֆազեր, ընդ որում՝ Fe^{2+} ունակ է ամբողջությամբ կամ մասնակի փոխարինելու Me^{2+} -ին: Առաջին մոտավորությամբ $Me'_cMe''_{(1-c)} \cdot Fe^{3+}_2O_4$ բարդ օքսիդը համարժեք է համալիր միացություններով $(Me'Fe_2O_4)_c \cdot (Me''Fe_2O_4)_{1-c}$ պինդ լուծույթին: Վերականգնման ընթացքում դրանք առաջացնում են փոփոխական բաղադրությամբ պինդ լուծույթի տիպի ենթաօքսիդներ կամ շալինելային ֆազեր, ինչպիսիք են՝

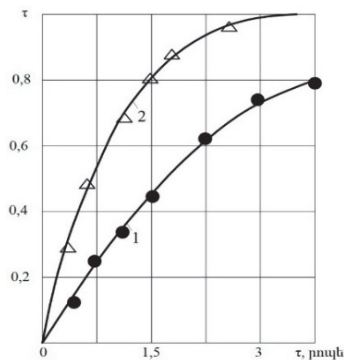


Ցույց է տրվել, որ վերականգնված պինդ լուծույթի բաղադրությունը կախված է Me' և Me'' բաղադրությունից: $Me'_cMe''_{(1-c)}Fe_2^{3+}O_4$ (կամ $MeMe^{3+}_{(2-x)}Fe_xO_4$) օքսիդի վերականգնման մեխանիզմը կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ: Մինչև $\lambda = 33\%$ վերականգնման աստիճանը տեղի է ունենում շալինելային ֆազից Me^{2+} -ի արագ

անցում ենթոքսիդի: Միաժամանակ, Fe^{3+} -ը վերականգնվում է մինչև Fe^{2+} , որի մեծ մասը փոխարինվում է շպինելային ֆազից հեռացված Me^{2+} -ով, իսկ Fe^{2+} -ի ավելցուկը նույնպես անցնում է ենթոքսիդային ֆազ: Արդյունքում $MeFe_2O_4$ քանակությունը շպինելային ֆազում փոքրանում է: Առաջանում է շպինելային լուծույթի նոր կոմպոնենտ Fe_3O_4 , որի կոնցենտրացիան $\lambda = 20\%$ դեպքում հասնում է $\sim 70\%$: Ենթոքսիդային ֆազն աղքատանում է FeO -ի նվազման հետևանքով: $\lambda > 33\%$ դեպքում առկա է միայն փոփոխական բաղադրությամբ ֆազ՝ ենթոքսիդային պինդ լուծույթ, որը վերականգնման ընթացքում ամբողջությամբ աղքատանում է թթվածնի նվազման հետևանքով՝ մինչև մաքուր մետաղ, այսինքն առաջանում է մետաղական համաձուլվածք:

Վերականգնման ռեժիմների (T , τ) օպտիմալացման նպատակով կատարվել է մինչև 1 կգ զանգվածով նմուշների վերականգնում, որտեղ շերտի հաստությունը կազմել է ~ 25 մմ: Փորձերի արդյունքները բերված են նկ. 3-ում, համաձայն որի՝ $T = 950^\circ C$ և $\tau = 3$ ժ տևողության ընթացքում (2-րդ կոր) տեղի է ունենում լրիվ վերականգնում (100%), մինչդեռ $850^\circ C$ ջերմաստիճանը բավարար չէ, և վերականգնումը կատարվել է 80%-ով:

Հետազոտվել է ПС-Н18К10М5Re մակնիշի մարտենսիտային ձերացող պողպատափոշու մամլունակությունը: Արդյունքում ընտրվել է սառը մամլման օպտիմալ ճնշումը՝ $P_{\text{մ}} = 400 \dots 500$ ՄՊա, որի դեպքում ծակոտկենությունը իջնում է մինչև $\theta = 18 \dots 20\%$:

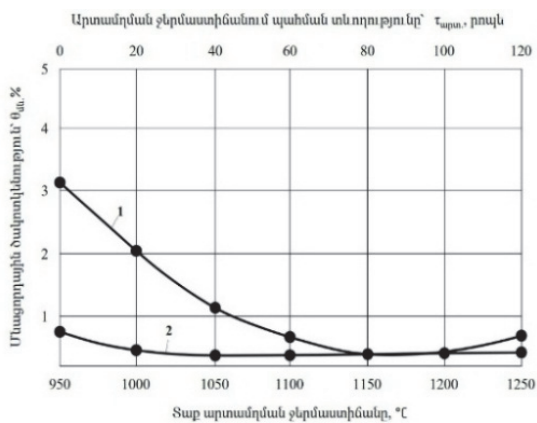


Նկ. 3. 99% $[Ni_{1-x}Co_x]/(Fe_{1-x}Mo_x)_2O_4 + 1\% NH_4ReO_4$ բաղադրությամբ բովախառնուրդի վերականգնման կինետիկան՝ 1-850°C, 2-950°C

Հաշվի առնելով, որ առաջարկված տեխնոլոգիայով ստացված ПС-Н18К10М5Re մակնիշի պողպատափոշին ունի համասեռ կառուցվածք, ուստի եռակալման համար չեն պահանջվում երկար ժամանակ և բարձր ջերմաստիճաններ ($T_{\text{եռ}}$): Քանի որ եռակալմամբ հնարավոր չէ ստանալ անծակոտկեն կառուցվածք, որը պարտադիր է մարտենսիտային ձերացող պողպատների դեպքում, եռակալումից հետո

կատարվել է տաք արտամղում [10]: Որպես եռակալման օպտիմալ ռեժիմներ ընտրվել են՝ $T_{\text{են}}=1100\dots1150^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{են}}=1,5\dots2,0$ ժ: Ուսումնասիրվել է տաք արտամղման գործընթացը, որի դեպքում մամլվածքների նախնական ծակոտկենությունը (15...35%) գործնականում չի ազդել տաք արտամղված նմուշների վերջնական խտության վրա: Այդ իսկ պատճառով առաջարկվող տեխնոլոգիայի դեպքում չի պահանջվում բարձր խտությամբ մամլվածքների ստացում:

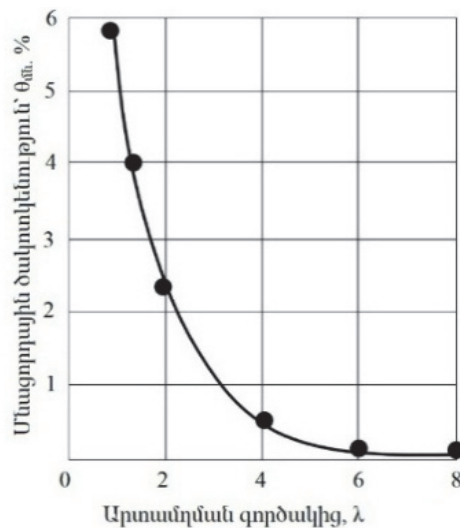
Հետագա հետազոտությունների նպատակը եղել է տաք արտամղման ժամանակ եռակալված փոշեպողպատի կառուցվածքագոյացման օրինաչափությունների բացահայտումը: Արտամղման գործընթացի վրա ազդող հիմնական գործոններն են. արտամղման ջերմաստիճանը ($T_{\text{արտ}}$, $^{\circ}\text{C}$), տաքացման տևողությունը ($\tau_{\text{արտ}}$, *րոպե*), արտամղման գործակիցը (λ), սկզբնական ծակոտկենությունը ($\theta_{\text{սկզ}}$, %) և մամլամայրի կոնական անկյան մեծությունը ($\alpha_{\text{մ}}$, *աստ*): Նշված պարամետրերի օպտիմալացումն իրականացվել է փորձի պլանավորման մեթոդներով: Որպես ելքային պարամետր վերցվել է տաք արտամղված փոշեպողպատի մնացորդային ծակոտկենությունը ($\theta_{\text{մնաց}}$): Տաք արտամղման օպտիմալ ռեժիմներն ընտրելու նպատակով կատարվել է փորձանմուշների տաք արտամղում 950°C -ից մինչև 1250°C ջերմաստիճանային տիրույթում՝ 50°C քայլով: Որպես փորձանմուշ վերցվել են $\Phi 30$ մմ տրամագծով և $h=50$ մմ բարձրությամբ ծակոտկեն գլանական նմուշներ, որոնց նախնական ծակոտկենությունը ընտրվել է $\theta_{\text{սկզ}}=25\%$: Տաքացման ջերմաստիճանում պահման տևողությունը վերցվել է 0,5 ժ, արտամղման գործակիցը՝ $\lambda=5$, մայրակի կոնական անկյան թեքությունը՝ $\alpha_{\text{մ}}=55^{\circ}$: Փորձերի արդյունքները բերված են նկ. 4-ում (1-ին կոր):



Նկ. 4. Տաք արտամղված նախապատրաստվածքների մնացորդային ծակոտկենության կախվածությունը արտամղման ջերմաստիճանից (1 կոր)՝ $\theta_{\text{սկզ}}=25\%$, $\tau_{\text{արտ}}=30$ րոպե, $\lambda=5$, $\alpha_{\text{մ}}=55^{\circ}$ և արտամղման ջերմաստիճանում պահման տևողությունից (2 կոր)՝ $T_{\text{արտ}}=1150^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\text{սկզ}}=25\%$, $\lambda=5$, $\alpha=55^{\circ}$

Ինչպես երևում է նկարից, տաք արտամղման ջերմաստիճանի բարձրացմամբ տեղի է ունենում մնացորդային ծակոտկենության փոքրացում, որը 1150°C -ում չի գերազանցում $0,3\%$ -ը: Այնուհետև ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը գործնականում մնացորդային ծակոտկենության վրա ազդեցություն չի թողնում. այն մնում է հաստատուն: Տաք արտամղման ջերմաստիճանում պահման տևողության ազդեցությունը մնացորդային ծակոտկենության վրա շատ փոքր է (նկ. 4, 2-րդ կոր): Ինչպես ցույց են տալիս փորձերը, 30 րոպե պահման տևողության դեպքում մնացորդային ծակոտկենությունը չի գերազանցում $0,3\%$: Այլ է պատկերը մնացորդային ծակոտկենության փոփոխության և տաք արտամղման գործակցի կախվածության դեպքում (նկ. 5): Ինչպես երևում է փորձերի արդյունքներից, տաք արտամղման գործակցի մեծացմամբ տեղի է ունենում մնացորդային ծակոտկենության կտրուկ փոքրացում և $T_{արտ}=1150^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանում, երբ $\lambda=5$, իսկ $\alpha_{սկ}=55^{\circ}$ մնացորդային ծակոտկենությունը ստացվում է $\theta \leq 0,3\%$: Ելնելով կատարված փորձերի արդյունքներից՝ որպես տաք արտամղման օպտիմալ գործակից վերցվել է $\lambda = 5$:

Հետագա հետազոտությունների ընթացքում ուսումնասիրվել է մնացորդային ծակոտկենության կախվածությունը մամլվածքի սկզբնական ծակոտկենությունից՝ $\theta_{սկ}$, և մամլամայրի կոնական անկյան մեծությունից՝ $\alpha_{սկ}$, անփոփոխ թողնելով տաք արտամղման ջերմաստիճանը՝ $T_{արտ}=1150^{\circ}\text{C}$, արտամղման ջերմաստիճանում պահման տևողությունը՝ $\tau_{արտ}=30$ րոպե և արտամղման գործակիցը՝ $\lambda=5$: Այսինքն տաք արտամղումը կատարվել է ընտրված օպտիմալ ռեժիմներով:

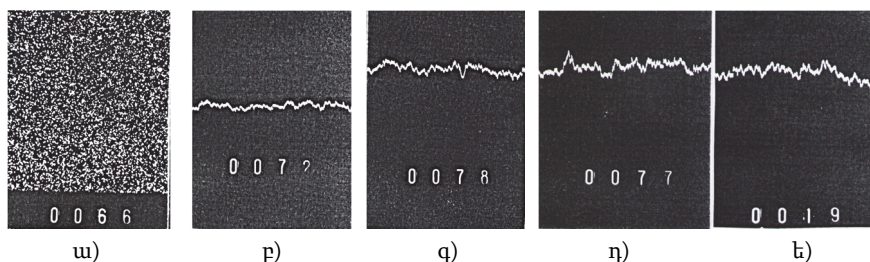


Նկ. 5. Տաք արտամղված նախապատրաստվածքների մնացորդային ծակոտկենության կախվածությունը արտամղման գործակցից. $T_{արտ}=1150^{\circ}\text{C}$, $\theta_{սկ}=25\%$, $\tau_{արտ}=30$ րոպե, $\alpha = 55^{\circ}$

Հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ տաք արտամղման ժամանակ մամլվածքի սկզբնական ծակոտկենությունը գործնականում չի ազդում մնացորդային ծակոտկենության վրա, ինչը բացատրվում է տաք արտամղման առանձնահատկություններով, այսինքն ճնշման տակ ծակոտկեն մարմինը կոնտեյներում խտանում է մինչև անծակոտկեն վիճակը, հետո սկսում է հոսել՝ ինչպես հոծ մարմինները: Ինչ վերաբերում է կոնական անկյան մեծությանը, ապա նրա ազդեցությունը մնացորդային ծակոտկենության վրա նույնպես փոքր է: Խնդիրն այն է, որ արտամղման ժամանակ տեղի է ունենում կոնական անկյան կարգավորում արտամղվող մետաղի հաշվին: Արդյունքում տեղի են ունենում անկյան փոփոխություն և արտամղման ճնշման փոքրացում:

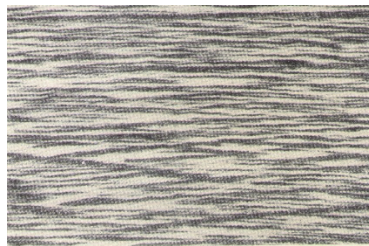
Հետազոտությունների արդյունքում բացահայտվել է, որ ամենամեծ ազդեցությունը մնացորդային ծակոտկենության վրա թողնում են արտամղման ջերմաստիճանը ($T_{արտ}$) և արտամղման գործակիցը (λ), այնուհետև հաջորդում են արտամղման ջերմաստիճանում պահման տևողությունը ($\tau_{արտ}$), նախապատրաստվածքի սկզբնական ծակոտկենությունը ($\theta_{սկզ}$) և մամլամայրի կոնական անկյունը (α): Փորձարկման տվյալների վերլուծության հիման վրա ընտրվել են տաք արտամղման հետևյալ պարամետրերը՝ $5 \leq \lambda \leq 6$, $T_{արտ} = 1150 \pm 25$ °C, $\tau_{արտ} = 0,5..1,0$ ժամ, $\theta_{սկզ} = 20...25$ %, $\alpha = 90...120^\circ$, որոնք օպտիմալ են և ապահովում են անծակոտկեն կառուցվածքով փոշեպողպատների ստացումը ու բարձր մեխանիկական հատկությունները:

Այնուհետև տաք արտամղման օպտիմալ ռեժիմներով ստացված փոքրամուշները թրծվել են $820 \pm 20^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանում, որից հետո ենթարկվել միմյան և արհեստական ծեբացման [10]: Ինչպես երևում է նկ. 6-ից, թրծումից հետո Fe, Ni, Co, Mo և Re տարրերի բաշխվածությունը փոշեպողպատի կառուցվածքում համասեռ է, այսինքն հոմոգենացումն ավարտված է: Այն ապահովում է բարձրամուր նյութերի շահագործման հուսալիությունը, որոնց թվին են պատկանում մարտենսիտային ծեբացող պողպատները, այդ թվում՝ փոշեպողպատները:

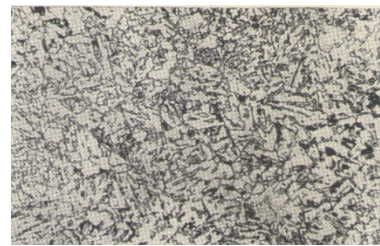


Նկ. 6. *ΠC-H18K10M5Re* փոշեպողպատում կոմպոնենտների բաշխվածությունը թրծումից հետո. *ա* – Fe, *բ* – Ni, *գ* – Co, *դ* – Mo, *ե* – Re

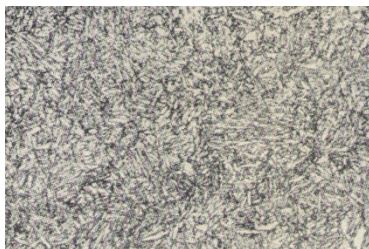
Օպտիմալ ռեժիմներով տաք արտամղված, թրծված, մխված և ծերացված ПС-Н18К10М5Re մակնիշի փոշեպողպատի միկրոկառուցվածքները ցույց են տրված համապատասխանաբար նկ. 7 ա, բ, գ, դ-ում: Տաք արտամղումից հետո կառուցվածքը միաֆազ է՝ α - պինդ լուծույթ (նկ. 7ա) և դեֆորմացված՝ արտամղման առանցքի երկարությամբ: Արտամղման գործակցի մեծացման դեպքում հատիկները կարող են լինել ավելի երկար: Թրծումից հետո այն դարձյալ միաֆազ է (նկ. 7բ) և անհամեմատ մանրահատ: Ինչպես երևում է նկարից, թրծման ընթացքում տեղի է ունեցել վերաբյուրեղացում, սակայն պահպանվել է մանրահատիկ կառուցվածքը: Մարտենսիտը, որը ստացվել է մխման ժամանակ (նկ. 7գ), չունի որոշակի կառուցվածք և նման է անկառուցվածք մարտենսիտի: Ծերացումից հետո (նկ. 7դ), մասնիկները կոհերենտ կապված են մայրակի հետ, իսկ նրանց չափերը (10...100 մկմ) համապատասխանում են այն մասնիկների կրիտիկական չափերին, որոնք ապահովում են դիսպերս ամրացում: Միջմետաղական ֆազերն անջատվում են ոչ միայն հատիկի սահմաններում, այլև հատիկի ծավալում:



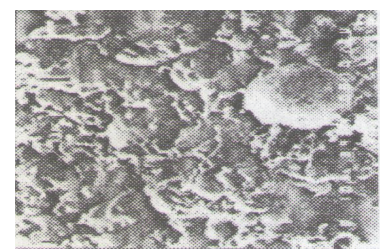
ա)



բ)



գ)



դ)

Նկ. 7. ПС-Н18К10М5Re մակնիշի մարտենսիտային ծերացող փոշեպողպատի միկրոկառուցվածքը տաք արտամղումից (նկ. 7ա, $\times 250$), թրծումից (նկ. 7բ, $\times 250$), մխումից (նկ. 7գ, $\times 600$) և ծերացումից հետո (նկ. 7դ, $\times 2500$)

Համալիր հետազոտությունների արդյունքում ընտրվել և հիմնավորվել են մխման և ծերացման ռեժիմները՝ $T_{\text{մ}}=820...850^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{մ}}$ -ը կախված է արտադրատեսակի չափերից, յուրաքանչյուր 1 մմ տրամագծի կամ հաստության համար երաշխավորվում է 1,5 *րոպե* պահման տևողություն, $T_{\text{ծեր}}=480...520^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{ծեր}}= 2...4$ ժամ

կախված արտադրատեսակի չափերից: Ցույց է տրվել, որ ռենիումը, լինելով շատ ակտիվ մետաղ և լուծվելով Fe-Ni-Co-Mo համակարգում, առաջացնում է պինդ լուծույթներ և ռենիումի միջմետաղական միացություններ՝ բարձրացնելով փոշեպողպատի ամրությունը, կարծրությունը, հարվածային մածուցիկությունը, ջերմակայունությունը, կոռոզիակայունությունը և սառնաբեկունությունը: Ստացված ПС-Н18К10М5Re մակնիշի մարտենսիտային ձեռացող փոշեպողպատի բարձր մեխանիկական հատկությունները՝ $\sigma_{0.2}=2180...2240 \text{ ՄՆ/սմ}^2$, $\sigma_{\delta}=2480...2550 \text{ ՄՆ/սմ}^2$, HRC=55...58, $\delta=10...12\%$, $\psi=51...57\%$, KC=86...92 Ջ/սմ^2 , պայմանավորված են ոչ միայն նրա բարձր քիմիական մաքրությամբ և կառուցվածքային հոմոգենությամբ, այլ նաև արտամղման գործընթացով, երբ տեղի են ունենում հատիկների մանրացում և ամբողջ ծավալով հավասարաչափ բաշխում:

Կատարված համալիր հետազոտությունների արդյունքում մշակվել է մարտենսիտային ձեռացող պողպատափոշուց արտադրատեսակների ստացման տեխնոլոգիա, որը ներառում է մամլվածքների մամլման, եռակալման, տաք արտամղման և ջերմային մշակման գործընթացները: Ցույց է տրվել, որ ստացված փոշեպողպատն իր ֆիզիկա-մեխանիկական և տեխնոլոգիական հատկություններով չի զիջում ստանդարտ պողպատներին, իսկ որոշ դեպքերում գերազանցում է դրանց:

Եզրակացություն: Կատարված տեսական և փորձարարական հետազոտությունների արդյունքում մշակվել է ռենիումով լեգիրված բարձրամուր մարտենսիտային ձեռացող փոշեպողպատների ստացման տեխնոլոգիա, որը ներառում է Հայաստանի Հանրապետությունում ռենիում պարունակող մոլիբդենիտային խտանյութերից ամոնիումի պերոքսիդի ստացման, Fe_2O_3 , NiO, CoO, MoO_3 , մետաղական օքսիդներից բարդ օքսիդների սինթեզման, բովախառնուրդի պատրաստման, վերականգնման, ռենիումով լեգիրված պողպատափոշու ստացման, ծակոտկեն մամլվածքների մամլման, եռակալման, տաք արտամղման և ջերմային մշակման գործընթացները:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали: Учебник для вузов.- М.: Металлургия, 1985.- 408 с.
2. Աղբալյան Ս.Գ., Սալտիկովա Եվ.Ս. Հատուկ պողպատներ և համաձուլվածքներ. Ուսումնական ձեռնարկ.- Երևան: ՀՊՃՀ, 2003.- 260 էջ:
3. Бадеян Б.Ф. Разработка мартенситно-старееющих порошковых сталей и процессов их получения: Дис. ... канд. техн. наук.- Ереван, 1994.- 130 с.
4. Агбалян С.Г., Оганесян А.М., Симонян В.А. Исследование процессов обжига молибденитовых концентратов и образования оксидов рения // Изв. НАН РА и НПУА. Сер. ТН.- Ереван, 2021.- Т.74, N2.- С.137-145. ISSN 0002-306 X.

5. **Ագբալյան Ս.Գ., Օգանեսյան Ա.Մ., Սիմոնյան Վ.Ա., Վարդանյան Դ.Գ.** Анализ процесса взаимодействия рения с металлами // Вестник НПУА: Металлургия, материаловедение, недропользование.- Ереван, 2021.- № 2. – С 34-43.
ISSN 1829-3395. DOI:10.53297/18293395-2021.2-34.
6. **Միմոնյան Վ.Ա.** Ռենիումի փոխազդեցությունը մետաղների հետ և միջմետաղական միացությունների առաջացումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր. ՏԳ սերիա.- Երևան, 2022.- Հատ. 75, N 2.- էջ 181-192:
ISSN 0002-306 X:
7. **Աղբալյան Ս.Գ., Միմոնյան Վ.Ա.** Մարտենսիտային ծերացող փոշեպողպատների ստացման տեխնոլոգիայի հիմնավորումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր. ՏԳ սերիա.- Երևան, 2022.- Հատ. 75, N 3.- էջ 342-354:
ISSN 0002-306 X:
8. **Ագբալյան Ս.Գ., Սիմոնյան Վ.Ա.** Исследование процесса ферритизации в оксидных системах $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--NiO--CoO--MoO}_3$ и разработка технологии получения сложных оксидов // Международный научно-исследовательский журнал “Материаловедение”.- Екатеринбург, 2022, октябрь.- № 10 (124).- С. 16-27.
DOI:<https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.16>.
9. **Ագբալյան Ս.Գ., Սիմոնյան Վ.Ա.** Исследование процесса восстановления системы $[\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x](\text{Fe}_{1-x}\text{Mo}_x)_2\text{O}_4 + \text{NH}_4\text{ReO}_4$ и разработка технологии получения мартенситно-старееющего стального порошка // Международный научно-исследовательский журнал “Порошковая металлургия и композиционные материалы”.- Екатеринбург, 2022, октябрь.- № 11 (125).- С. 9-18.
DOI:<https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.16>.
10. **Աղբալյան Ս.Գ., Վասիլյան Գ.Ա., Միմոնյան Վ.Ա.** ПС-Н18К10М5Re մակնիշի մարտենսիտային ծերացող պողպատափոշուց պատրաստված ծակոտկեն մամլվածքների տաք արտամղման և ջերմային մշակման գործընթացների հետազոտումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր. ՏԳ սերիա.- Երևան, 2022.- Հատ. 75, N 4.- էջ 473-490:
ISSN 0002-306 X: DOI:10.53297/0002306X-2022.v75.4-473.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 26.06.2023:

С.Г. АГБАЛЯН, В.А. СИМОНЯН, Г.А. ВАСИЛЯН, А.С. АГБАЛЯН

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МАРТЕНСИТНО-СТАРЕЮЩЕЙ ПОРОШКОВОЙ СТАЛИ, ЛЕГИРОВАННОЙ РЕНИЕМ

Одним из основных направлений современной металлургии и материаловедения является создание новых сталей, сплавов и композиционных материалов с функциональными свойствами, которые используются в транспортной технике, атомной энергетике, военной промышленности и т.д.

Разработана современная технология получения перрената аммония из молибденитовых концентратов, содержащих рений производства Республики Армения. Выявлены механизм и кинетика процесса ферритизации в оксидной системе $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--NiO--CoO--MoO}_3$, в результате чего разработана технология синтеза комплексного оксида $[\text{Ni}_{1-x}, \text{Co}_x](\text{Fe}_{1-x}, \text{Mo}_x)_2\text{O}_4$, а также выявлены механизм и кинетика восстановления смеси, приготовленной из синтезированного комплексного оксида и перрената аммония (NH_4ReO_4). Показано, что рений, являясь очень активным металлом и растворяясь в системе Fe-Ni-Co-Mo, образует твердые растворы и интерметаллиды рения, повышая прочность, твердость, ударную вязкость, жаростойкость, коррозионную стойкость и хладноломкость порошковой стали.

В результате комплексных экспертных исследований разработана технология получения высокопрочных мартенситно-стареющих порошковых сталей, легированных рением, которая включает получение перрената аммония из ренийсодержащих молибденитовых концентратов, синтез сложных оксидов из оксидов металлов, приготовление шихты, восстановление, сопровождаемое процессами получения порошка стали, легированной рением, прессования, спекания, горячей экструзии пористых прессовок и термообработки. Показано, что полученная порошковая сталь по своим физико-механическим и технологическим свойствам не уступает стандартным сталям, а в ряде случаев даже превосходит их.

Ключевые слова: рений, перренат аммония, синтез сложных оксидных систем, шихта, восстановление, стальной порошок, прессование, спекание, горячая экструзия, порошковая сталь, отжиг, закалка, старение, мелкозернистая структура, интерметаллическая фаза.

S.G. AGHBALYAN, V.A. SIMONYAN, G.A. VASILYAN, A.S. AGHBALYAN
DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR PRODUCING RHENIUM ALLOYED
MARAGING POWDER STEEL

One of the main trends of modern metallurgy and material science is the creation of new steels, alloys and composite materials with functional properties used in transport technology, nuclear energetics, military industry, etc.

A modern technology for obtaining ammonium perrhenate from molybdenite concentrates containing rhenium produced in Republic of Armenia has been developed. The mechanism and kinetics of the ferritization process in the $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--NiO--CoO--MoO}_3$ oxide system are revealed, as a result of which a technology for the synthesis of complex oxide $[\text{Ni}_{1-x}, \text{Co}_x](\text{Fe}_{1-x}, \text{Mo}_x)_2\text{O}_4$ is developed. Also, the mechanism and kinetics of recovery of the mixture, prepared from synthesized complex oxide and ammonium perrhenate (NH_4ReO_4) is revealed. It is shown that rhenium, being a very active metal and dissolving in the Fe-Ni-Co-Mo system, forms solid solutions and rhenium intermetallides, increasing the strength, hardness, impact strength, heat resistance, corrosion resistance and frost resistance of the powder steel.

As a result of comprehensive expert research, a technology has been developed for producing high-strength maraging powder steels alloyed with rhenium, which includes production of ammonium perrhenate from rhenium-containing molybdenite concentrates, synthesis of complex oxides from metal oxides, preparation of a mixture, recovery, which is accompanied by production of steel powder alloyed with rhenium, pressing, sintering and hot extrusion of porous compacts and heat treatment processes. It is shown that the resulting powder steel in terms of its physical, mechanical and technological properties is not inferior to standard steels, and in some cases, surpasses them.

Keywords: rhenium, ammonium perrhenate, synthesis of complex oxide systems, mixture, recovery, steel powder, pressing, sintering, hot extrusion, powdered steel, annealing, hardening, aging, fine-grained structure, intermetallic phase.

А.О. ОВСЕПЯН, С.А. АРУТЮНЯН, Т.Н. САФАРЯН, А.Р. АКОПЯН

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ДОВОДКИ
МОЛИБДЕНИТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ
КАЧЕСТВЕННОГО КОНЦЕНТРАТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ФЕРРОМОЛИБДЕНА**

На основании научно-экспериментальных исследований разработана технология гидрометаллургической доводки молибденитовых концентратов для производства ферромolibдена, которая включает следующие операции: очистка молибденитовых концентратов от флотомасла метасиликатом натрия; промывка концентрата 5...7% азотной кислотой, которая образует растворимые соли натрия, кальция, магния, меди, цинка и мышьяка; получение молибдата кальция из промывных растворов.

Ключевые слова: молибденитовый концентрат, метасиликат натрия, азотная кислота, промывка, молибдат кальция.

Введение. В настоящее время почти 80% выпускаемого Мо используется в производстве ферромolibдена, который является легирующим элементом в производстве сталей. Молибден обеспечивает получение стали, имеющей мелкозернистую структуру, что повышает ее механические свойства. Он получил широкое применение в производстве нержавеющей, тепло-, кислотостойких и других сталей.

В современном сталеплавильном производстве важное значение придается использованию ферромolibдена высокой чистоты, в котором содержание цветных металлов, фосфора, серы и неметаллических смесей довольно низкое, что обеспечивает получение высококачественных легированных сталей.

В свете вышесказанного, совершенно очевидна актуальность проблемы разработки рациональной технологии, обеспечивающей выдачу ферросплавной промышленности молибденитового концентрата с минимальным содержанием вредных примесей.

В Техутской обогатительной фабрике при обогащении медно-молибденовых руд получается молибденитовый концентрат, являющийся источником получения ферромolibдена. Существующая технология производства ферромolibдена рассчитана на переработку стандартного молибденового концентрата с низким содержанием примесей меди.

Задача очистки концентрата от меди является весьма актуальной.

Постановка задачи и методы исследования. Целью исследования является разработка рациональной технологии очистки молибденового концентрата от меди и цветных металлов.

Объектом исследования служит молибденитовый концентрат Техутской обогатительной фабрики, который содержит примерно следующий химический состав, %: Mo - 48,4; Cu_{общ} - 1,13; Fe - 4,1; SiO₂ - 6,0; Na+K - 0,8; As - 0,04; P₂O₅ - 0,02; Al₂O₃ - 1,0.

Молибден представлен в основном молибденитом MoS₂, медь – халькопиритом, железо - в виде пирита, имеется также сфалерит.

Известны способы автоклавного разложения молибденитового концентрата азотной кислотой с получением молибденовой кислоты, которую либо используют в качестве продукта, либо подвергают гидрометаллургической переработке с получением в качестве товарного продукта парамолибдата аммония или триоксида молибдена (Пат. 3751555 (США), 1973) [1-6].

При выборе растворителя меди для выщелачивания концентрата были учтены многие факторы, главными из которых являются:

- селективность действия растворителя по отношению к выщелачиванию продукта;
- при использовании азотной кислоты практически исключаются вредные сбросы, так как из азотно-сернокислых маточных растворов после их выпарки кристаллизуется амонинный удобрений.

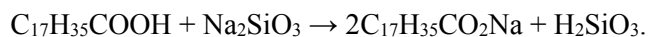
При флотации медно-молибденитовых руд используются большие количества флотомасла. Основной причиной загрязнения концентрата различными примесями является то, что флотомасла способствуют переходу в концентрат вышеперечисленных примесей.

Кислотная очистка концентрата вызывает интенсивное пенообразование, которое ухудшает процесс разложения халькопирита. Образовавшаяся пена задерживает значительное количество непрореагировавшего халькопирита вследствие неудовлетворительного контакта последней с реакционной средой. А это значительно затягивает процесс. Поэтому первоочередной задачей считаем очистку концентрата от флотомасел.

Длительность процесса очистки обусловлена тем, что флотомасла, покрывающие зерна концентрата, затрудняют доступ реагентов к поверхности минералов, тем самым увеличивая необходимое время контакта.

Результаты исследования. Для очистки молибденитовых концентратов от флотомасла нами был применен метасиликат натрия. Метасиликат натрия обладает эмульгирующими свойствами, благодаря чему нейтрализуются жирные кислоты, образуя растворимые соли соответствующих кислот, которые

удерживаются во взвешенном состоянии и не оседают на концентрате. Примерная реакция следующая:



При избытке метасиликата натрия в растворе с H_2SiO_3 образуются полисиликаты, которые также остаются в растворе. Применение метасиликата обусловлено также тем, что на основной флотации и на перерештках он используется в процессе обогащения.

Нами было испытано несколько вариантов очистки концентрата метасиликатом натрия.

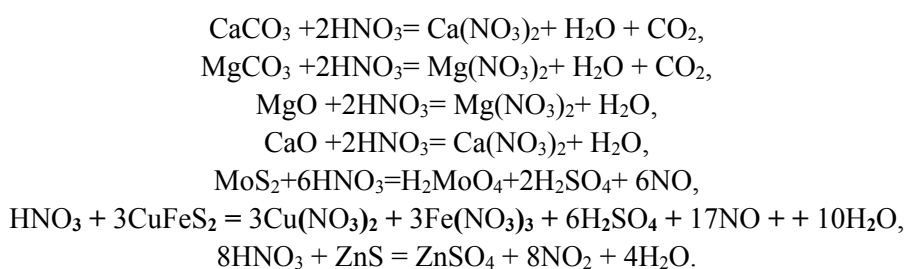
Первая серия опытов проводилась при следующем режиме: к навеске весом 200 г добавляли 200 мл воды. К полученной пульпе добавляли кристаллический метасиликат натрия ($Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$) из расчета 56 кг/т, 84 кг/т и 112 кг/т. Пульпу перемешивали в течение 30 мин. После фильтрации в концентрате определяли содержание флотомасел. В отмытом концентрате содержание их составило соответственно 1,6; 1,2; 1,0%.

Вторая серия опытов проводилась в режиме, аналогичном первой серии, с разницей в температуре. Пульпу подогревали до 80...85 °C. Отмытый концентрат содержал флотомасла соответственно 1,2; 0,8 и 0,7%.

Дальнейшие исследования проводили на концентратах, очищенных от флотомасел по второму режиму. После очистки фильтрованный раствор получает желтый, темно-желтый цвет, и его можно использовать в основной флотации.

Промывку концентрата осуществляли 5...6% азотной кислотой, которая образует растворимые соли с натрием, кальцием, магнием. Медь, цинк и мышьяк также переходят в раствор.

При этом возможны следующие реакции:



Опыты проводились при комнатной температуре, а также при температурах 40, 60 °C в течение 2, 4 ч, соотношение Т:Ж = 1:1. По истечении времени пульпу фильтровали, осадок на фильтре промывали, фильтрат и промывные воды объединяли.

Такая промывка обеспечивает удовлетворительную очистку от меди с минимальным переходом молибдена в раствор. Исходный концентрат содержит: Mo - 50,9%, Fe - 2,75%, Cu - 0,56%.

Результаты экспериментов приведены в таблице.

Таблица

Промывка концентрата 6% азотной кислотой

Время, ч	Температура, °C	Наименование продукта	Содержание		
			% к исходному	Fe	Cu
2	комнатная	концентрат, раствор	1,24	1,84	0,46
4	комнатная	концентрат, раствор	2,76	1,6	0,38
2	40	концентрат, раствор	4,0	1,12	0,32
4	40	концентрат, раствор	4,44	1,09	0,3
2	60	концентрат, раствор	5,04	0,8	0,24
4	60	концентрат, раствор	5,34	0,75	0,2

Из таблицы видно, что с увеличением температуры и времени содержание молибдена в растворе увеличивается от 1,24 до 5,34%.

Содержание меди в отмытом концентрате составляет 0,2%, а содержание железа снижается до 0,75%. При выщелачивании халькопирита растворами азотной кислоты сера не переходит в элементарную форму, а окисляется до сульфатов. Из растворов осаждают молибдат кальция вследствие обменной реакции между молибдатом натрия и хлоридом кальция.

Процесс осаждения молибдата кальция имеет ряд преимуществ, растворимость в воде - 0,006 г/100 мл. Однако имеются также и недостатки: в нём содержится молекулярная вода.

Осаждение молибдата кальция проводится при интенсивном перемешивании и температуре 85°C в течение 3...4 ч. Подача хлористого кальция производится тонкой струей в течение 15...20 мин. Осажденный молибдат кальция подвергается 3...4-разовой промывке холодной водой для отмывки серы. При этом образуется молибдат кальция, содержащий 0,5...1 молекул гидратной воды.

Принципиальная схема технологии гидрометаллургической доводки молибденитовых концентратов с получением качественного концентрата для производства ферромолибдена приведена на рисунке.

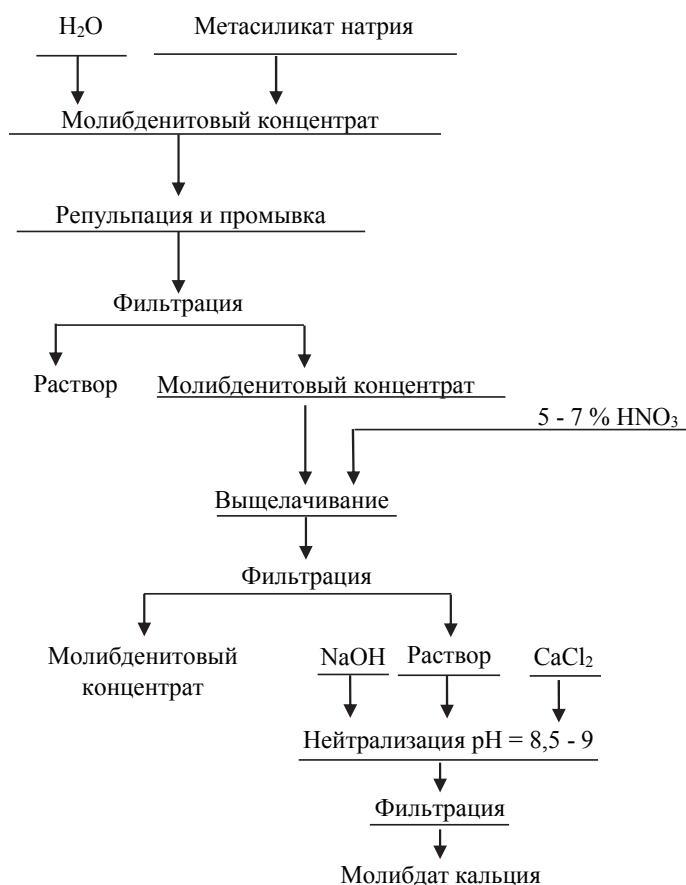
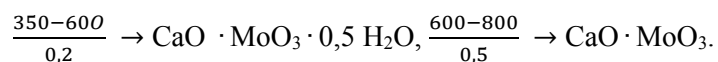
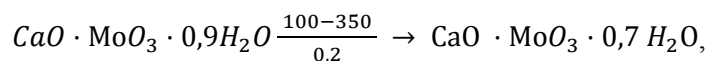


Рис. Технологическая схема переработки молибденитовых концентратов

На основании данного термогравиметрического анализа дегитратацию продукта можно представить следующим образом:



Заключение. Таким образом, разработана рациональная технология очистки молибденитового концентрата от меди и цветных металлов. Технология обеспечивает минимальный переход молибдена в раствор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Медведев А.С., Александров П.В.** Азотнокислотное выщелачивание молибденовых концентратов // Технология металлов.- 2010.- №9.- С. 14-18.
2. **Александров П.В.** Разработка гидрометаллургического способа извлечения молибдена из полупродуктов обогащения руд Бугданинского месторождения: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / МИСиС.- М., 2011.-20с.
3. **Зеликман А.Н.** Молибден.- М.: Металлургия, 1970.- 440с.
4. **Цогтхангай Д., Мамяченков С.В., Анисимова О.С., Набойченко С.С.** Кинетические закономерности выщелачивания медных концентратов азотной кислотой // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2011. – № 6. – С. 8-12.
5. **Федулов О.В., Тараненко Б.И., Пономарев В.Д., Свечкова Л.В.** Окисление молибденита растворами азотной кислоты // Металлургия и обогащение.- 1966.- №2.- С. 86-94.
6. Кристаллооптические исследования процесса окисления дисульфида молибдена водными растворами азотной кислоты / **О.В. Федулов, А.А. Кальков, С.Ф. Ахметов и др.** // Металлургия и обогащение.-1966.- №2.- С. 95-103.

Институт общей и неорганической химии НАН РА. Материал поступил в редакцию 05.03.2023.

**Ա.Հ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ, Ս.Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Տ.Ն. ՄԱՖԱՅԱՆ,
Ա.Ռ. ՀԱԿՈԲՅԱՆ**

**ՄՈԼԻԲԴԵՆԻՏԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՀԻՂՐՈՄԵՏԱԼՈՒԳԻԱԿԱՆ
ՎԵՐՋՆԱԶՏՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ՖԵՐՈՍՈԼԻԴԵՆԻ
ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐ ՈՐԱԿՑԱԼ ԽՏԱՆՅՈՒԹԻ ՍՏԱՅՈՒՄՈՎ**

Կատարված գիտափորձական հետազոտությունների արդյունքում մշակվել է մոլիբդենիտային խտանյութերի հիդրոմետալուրգիական վերջնագտման տեխնոլոգիա ֆերոմոլիբդենի արտադրության համար, որը ներառում է հետևյալ գործընթացները. մոլիբդենիտային խտանյութերի մաքրումը ֆլոտաագրակներից նատրիումի մետասիլիկատով, խտանյութի լվացումը 5...7% -անոց ազոտական թթվով, որն առաջացնում է լուծվող նատրիումի, կալիումի, կալցիումի, մագնեզիումի, պղնձի, ցինկի և արսենի աղեր, լվացման լուծույթներից ստացվում է կալցիումի մոլիբդատ:

Առանցքային բառեր. մոլիբդենիտային խտանյութեր, նատրիումի մետասիլիկատ, ազոտական թթու, լվացում, կալցիումի մոլիբդատ:

**A.H. HOVSEPYAN, S.A. HARUTYUNYAN, T.N. SAFARYAN,
A.R. HAKOBYAN**

**DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR HYDROMETALLURGICAL
FINAL SEPARATION OF MOLYBDENITE CONCENTRATES WITH
OBTAINING A HIGH-QUALITY CONCENTRATE FOR THE
PRODUCTION OF FERROMOLYBDENUM**

On the basis of scientific and experimental studies, a technology for hydrometallurgical final separation of molybdenite concentrates for the production of ferromolybdenum has been developed, which involves the following operations: purification of molybdenite concentrates from flotation oil with sodium metasilicate, washing of the concentrate with 5...7% nitric acid, which forms soluble salts of sodium, calcium, magnesium, copper, zinc and arsenic and obtaining calcium molybdate from washing solutions.

Keywords: molybdenite concentrate, sodium metasilicate, nitric acid, washing, calcium molybdate.

Մ.Գ. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ն.Վ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Գ.Ա. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ,
Մ.Է. ՍԱՍՈՒՆՅԱՆ

**ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՏԵԽՆԱԾԻՆ ԱՌԱՋԱՑՈՒՄՆԵՐՈՒՑ ՍԻԼԻՑԻՈՒՄԻ ԵՐԿՕՔՍԻՊԻ
ՍՏԱՑՄԱՆ ԵՎ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ ՏԱՐԱՆՁԱՏՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ
ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ**

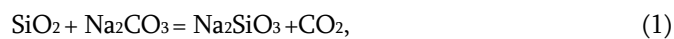
Ներկայացվել է քիմիական փոխազդիչների նկատմամբ կայուն հանքային տեխնածին առաջացումներից տեխնիկական նշանակությամբ սիլիցիումի երկօքսիդի և մետաղական խտանյութերի ստացման համակցված՝ հրահիդրոմետալուրգիական տեխնոլոգիական եղանակը: Տեխնածին առաջացումների մշակումներով նախապատրաստված հումքը հալվում է համակցված փոխազդիչների հետ, որից հետո հալույթը տարրալուծվում է աղաթթվի ջրային լուծույթով՝ դոնորականության պայմաններում: Վերականգնված սիլիկաթթուն տարրալուծվում է աղաթթվի թույլ ջրային լուծույթով խառնուրդները հեռացնելու նպատակով, իսկ սիլիցիումի երկօքսիդի վերափոխելու համար ջերմամշակվում է մթնոլորտային օդի պայմաններում: Գործընթացի արդյունքում տեխնածին առաջացումների մեջ պարունակվող մետաղները տարանջատվում են որպես պինդ և հեղուկ խտանյութեր:

Առանցքային բառեր. տեխնածին առաջացումներ, սիլիցիումի երկօքսիդ, մետաղներ, խտանյութ, հալում, տարրալուծում:

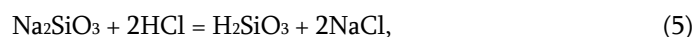
Ներածություն. Համապարփակ արտադրական հարաբերություններ հաստատելու ճանապարհով տնտեսական կարողությունների ընդլայնումը պայմանավորված է երկրում առկա նպաստավոր նախադրյալներով: Այս տեսանկյունից կարևոր է տեխնիկական ստադարտներին համապատասխանող նյութերի դերը, քանի որ կիրառվում են որպես արդյունաբերության տարբեր ոլորտներին անհրաժեշտ պահեստամասեր ու օժանդակ շինվածքներ արտադրելու հումք: Վերջիններիս պակասը Հայաստանի Հանրապետությունում լրացվում է Ռուսաստանի Դաշնությունից, Պարսկաստանից և այլ երկրներից ներկրելու միջոցով ֆինանսական գերաժախսերի գնով այն դեպքում, երբ դրանցից շատերը հնարավոր է արտադրել տեղական հումքը մշակելու ճանապարհով: Այս առնչությամբ առաջարկում ենք օգտագործել ՀՀ-ի հանքարդյունահանող և վերամշակող ձեռնարկությունների գործունեության արդյունքում գոյացած տեխնածին առաջացումները, որի նպատակը զուտ արտասահմանյան երկրների առաջադեմ փորձի [1, 2] իներցիական ընդօրինակումը չէ, այլ հիմնվում է հետևյալ փաստարկների վրա: Առաջին, համաձայն

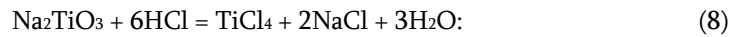
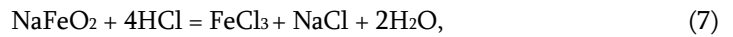
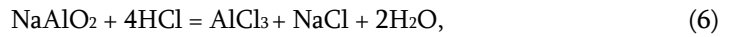
[3,4]-ից ստացվող տեղեկությանը՝ հանքային հումքի տեխնածին առաջացումների ընդհանուր քանակը ՀՀ-ում դեռևս 2013 թվականին գերազանցել է 1,0 մլրդ. տ շեմը, իսկ ըստ նույնի և [5-9]-ի՝ դրանցում պարունակում են տարբեր արժեքավոր մետաղներ, նաև ծծումբ, սիլիցիումի երկօքսիդ և այլ նյութեր, որոնց անտեսումը անհանդուրժելի է: Հետևում է նշված բացթողումները անհապաղ լրացնելու անհրաժեշտությունը, որի տեսականորեն հնարավոր ճանապարհը հանքային տեխնածին առաջացումների վերամշակման, համալիր օգտահանման տեխնոլոգիաների մշակումն ու ՀՀ-ում դրանց ներդրումն է:

Խնդրի դրվածքն ու մեթոդաբանությունը: Վերը նշված նպատակների իրագործմանը նվիրված սույն աշխատանքում ելանյութը ՀՀ-ի մետաղարդյունաբերության ոլորտի՝ «ԱՄՍԱԹ» ընկերության տեխնածին առաջացումներն են, որոնք, ըստ [10, 11] աշխատանքների արդյունքների՝ ճանաչվել են սիլիցիումի երկօքսիդի (SiO_2) հիմքով մետաղակիր, ընդ որում՝ քիմիական փոխազդիչների նկատմամբ կայուն միացությունների պարունակությամբ նյութեր: Այստեղից, ելնելով առկա պահանջարկից [12], ծագում է ելանյութից քիմիական մաքուր SiO_2 ստանալու և դրան զուգընթաց մետաղները տարանջատելու ու համակենտրոնացնելու անհրաժեշտություն: Քիմիական բարդ միացությունները քայքայելու և դրանցում պարունակվող SiO_2 -ը և մետաղները տարանջատելու համար կիրառվել է ելանյութը նատրիումի կարբոնատի կամ տեխնիկական սոդայի (Na_2CO_3) հետ հալքանոթային հալման և գոյացած հալույթը աղաթթվով տարրալուծելու հիդրոմետալուրգիական եղանակը, քանի որ դրանց արդյունքում գոյանում են ջրում և թթուներում դյուրին լուծվող նատրիումի մետասիլիկատ (Na_2SiO_3) և նատրիումի՝ տարբեր մետաղների հետ միացություններ [13, 14]: Այդ փոխազդեցությունների հավասարումները բերված են ստորև՝



Հալույթը աղաթթվի լուծույթով տարրալուծելու ընթացքում Na_2SiO_3 -ը վերականգնվում է՝ փոխարկվելով սիլիկաթթվի (H_2SiO_3), բացի դրանից առաջանում են ալյումինի, երկաթի, տիտանի և այլ մետաղների՝ մեծ մասամբ ջրում լուծվող քլորիդներ: Այդ փոխազդեցությունների հավասարումները բերված են ստորև՝





Հետազոտության ընթացքը և արդյունքների քննարկումը: Միլիցիումի երկօքսիդ ստանալու և մետաղները տարանջատելու նպատակով հետազոտությունում փորձարկվող տեխնածին առաջացումների (այսուհետ՝ ելանյութ) մեջ, համաձայն [10, 11] աշխատանքների արդյունքների, SiO_2 -ը կազմում է 50...51 %, սև (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , MnO_2 և CrO_2) և գունավոր (CuO , NiO , TiO_2 , HgO_2 , PbO) մետաղները համապատասխանաբար՝ 34,0...35,0 և 4,0...6,0%, Al_2O_3 -ը՝ CaO -ի և MgO -ի հետ՝ 1...2%, իսկ ելանյութի թրծման կորուստը՝ 8,0...8,7%: Նույն աղբյուրները վկայում են, որ ելանյութում առկա են նաև հազվագյուտ և ազնիվ մետաղների պարունակությամբ, մասնավորապես, երկաթի հիմքով միացություններ, որոնք կազմում են 0,1... 0,2 %:

SiO_2 -ի ստացման նպատակով ելանյութի՝ Na_2CO_3 -ի հիմքով փոխազդիչների հետ 930...980 °C, 20...25 րոպե հալումից գոյացած հալույթները տարրալուծվել են տաք ջրով և աղաթթվի 1:1 հարաբերությամբ ջրային լուծույթով՝ դոնորդանյութի 2,0% ջրային լուծույթի պայմաններում և առանց դրա կիրառման: Աղաթթվային լուծույթով տարրալուծման ընթացքում հալույթում պարունակվող Na_2SiO_3 -ը վերականգնվել է՝ փոխարկվելով H_2SiO_3 -ի, երբ լուծույթի pH-ը համապատասխանել է թթվայնության 1 արժեքին: Ստացված H_2SiO_3 -ը այնուհետև տարրալուծվել է աղաթթվի թույլ ջրային լուծույթով և տաք ջրով, որոնց նպատակը խառնուրդների հեռացումն է: H_2SiO_3 -ը վերջում ենթարկվել է ջերմային մշակման 800...900°C ջերմաստիճանային տիրույթում, որի արդյունքում վերափոխվել է SiO_2 -ի: Մնում է ավելացնել, որ նկարագրված պայմաններում ստացված SiO_2 -ի՝ ըստ 9.14657.2-96-ի վերլուծությունը կատարվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի (ՀԱՊՀ-ի) ընդհանուր քիմիայի և քիմիական պրոցեսների լաբորատորիայում:

Առաջին փորձաշարում ելանյութի հալքանոթային հալումից գոյացած հալույթը տարրալուծվել է տաք ջրով, փորձ անելով հալույթում գոյացած Na_2SiO_3 -ը կամ հեղուկ ապակին անցկացնել լուծույթի մեջ, իսկ այդ փոխազդիչների նկատմամբ կայուն մետաղները անջատել որպես խտանյութ: H_2SiO_3 -ը վերականգնվել է ջրային լուծույթը աղաթթվայինի վերափոխելու միջոցով, այնուհետև հետազոտությունը շարունակվել է ըստ վերը շարադրված նկարագրի: Այդ կերպ կատարված փորձերը, սակայն, ակնհայտ ցածրարդյունավետ են, քանի որ հնարավորություն են ընձեռում արդյունահանել հումքում SiO_2 -ի պարունակության 8,0...14,0%-ը:

Այս ցուցանիշը հնարավոր է լինում բարձրացնել՝ հասցնելով մինչև 60%-ի՝ հալույթի՝ ջրով տարրալուծումից անջատված նստվածքը աղաթթվի 1:4 հարաբերությամբ ջրային լուծույթով լրացուցիչ տարրալուծելու արդյունքում: Իբրև բացասական արդյունք պետք է ընդգծել նաև, որ այս փորձերում գոյանում են ելանյութի 10%-ի չափով SiO_2 -ի հիմքով նստվածքներ, որոնց մեջ մետաղները կազմում են մոտավորապես 5,0 ծավ. %:

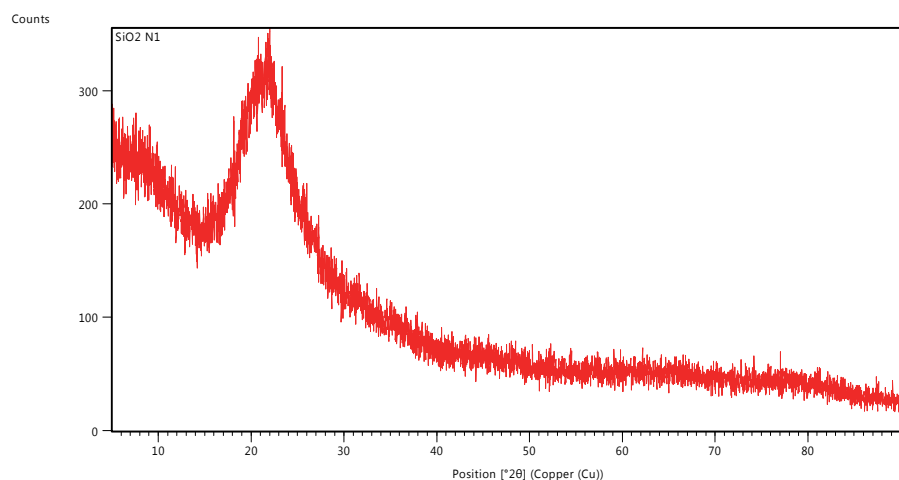
Վերը նշված պատճառների հետ կապված՝ հերթական փորձաշարում նպատակահարմար է եղել օգտագործել SiO_2 -ի պարունակությամբ հարուստ ու թթուների նկատմամբ կայուն մետաղների պարունակությամբ աղքատ հումք, իսկ հալումից գոյացած հալույթների տարրալուծման համար՝ աղաթթվի 1:1 հարաբերությամբ ջրային լուծույթ: Անհրաժեշտ հումքը ստանալու համար օգտագործվել է մինչև 100 մկմ հատիկային չափերով 100 գ ելանյութ, ինչը սկզբում մշակվել է ծանր մետաղներն անջատելու կամ հարստացնելու գրավիտացման եղանակով: Արդյունքում ստացվել են 21 գ ծանր մետաղների և 79 գ՝ SiO_2 -ի 60% պարունակությամբ խտանյութեր: Վերջիններն այնուհետև թրծվել են 800...900 °C-ում, որից հետո ստացված SiO_2 -ի խտանյութի թերայրուկը տարրալուծվել է աղաթթվի 1:1 հարաբերությամբ ջրային լուծույթով: Այս մշակումները հնարավորություն են ընձեռել՝ ստանալու SiO_2 -ի 80% պարունակությամբ խտանյութի՝ աղաթթվով տարրալուծված թերայրուկ. արդյունքում 79 գ SiO_2 -ի խտանյութի զանգվածը նվազել է համապատասխանաբար 7,9, և 18,5 գ-ով՝ մինչև 52,6 գ: SiO_2 -ի 80% պարունակությամբ խտանյութի՝ թթվով տարրալուծված թերայրուկի հալման գործընթացում, բացի սողալից, օգտագործվել են նատրիումի տետրաբորատ ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) և փայտածուխ (C): Փորձերում օգտագործված քիմիական փոխազդիչների և ստացված SiO_2 -ի քանակային տվյալները ներկայացված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Փորձերում ստացված սիլիցիումի երկօքսիդի ելքը՝ կախված SiO_2 -ի խտանյութի՝ թթվով տարրալուծված 2 գ թերայրուկի հալման պայմաններից

Հ/Հ	Քիմիական փոխազդիչները, գ	SiO_2 , գ	SiO_2 , %	SiO_2 -ի միջին պարունակությունը, %
1	Na_2CO_3 , 4	1,36	85,0	94,7
2		1,38	86,2	
3	Na_2CO_3 , 3,2...3,5,	1,42	88,7	
4	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, 1,5	1,45	90,6	
5	Na_2CO_3 , 4,0, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, 1,0, C, 0,15	1,48	92,5	97,3
6		1,53	95,6	
7		1,55	96,8	
8		1,56	97,5	

Փորձերում ստացված արգասիքների ֆազային վերլուծությունները կատարվել են ՀԱՊՀ-ի ռենտգենակառուցվածքային հետազոտության բազային լաբորատորիայում՝ Diffractometer system=EMPYREAN (Anode Material Cu, K-Alpha1 [Å] 1.54060, ICSD 2016 database) դիֆրակտաչափի միջոցով: Դրանց արդյունքները ցույց են տալիս, որ 1, 2, 3 և 4 փորձերի վերջնական արգասիքները համապատասխանում են ամորֆ SiO_2 -ի տվյալներին, որը պարունակում է Al_2O_3 -ի տեսքով խառնուրդներ: Վերջինիս համեմատությամբ ավելի մաքուր է 5, 6, 7 և 8 փորձերում ստացված ամորֆ SiO_2 -ը, որի ռենտգենագիրը ներկայացված է նկարում:



Նկ. Ելանյութի տարբեր մշակումներով ստացված ամորֆ SiO_2 -ի ռենտգենագիրը

Աշխատանքում առաջ քաշված խնդիրները լուծելու նպատակով կիրառվել են հանքային տեխնածին առաջացումների երկփուլային մշակման հետևյալ համակցված գործընթացները՝

- Ելանյութում պարունակվող SiO_2 -ի ու մետաղների՝ խտանյութերի ստացում,
- SiO_2 -ի խտանյութի թրծում և ստացված թերայրուկի՝ աղաթթվով տարրալուծում,
- SiO_2 -ի խտանյութի՝ թթվով տարրալուծված թերայրուկի հրահիդրոմետալուրգիական մշակումներ:

Հետազոտության արդյունքները՝ որպես առավել արդյունավետ, ցույց են տալիս փորձերը, որոնց հետևանքով ստացված SiO_2 -ի պարունակությամբ հարուստ արգասիքը հալվում է, 930...980 °C-ում, 20...25 րոպեի ընթացքում բնույթով համակցված փոխազդիչների հետ: Հալման գործընթացում օգտագործված բովախառնուրդի մեջ տեխնիկական սողան կազմում է մոտավորապես 77,0%, տետրաբորատը՝ 20,0% և փայտածուխը՝ 3,0%, իսկ նախապատրաստված ելանյութի զանգվածի հարաբերությունը բովախառնուրդին համապատասխանում է 1:2,5:

Հալքանոթային հալումից ստացված հալույթներն ավելի արդյունավետ է տարրալուծել աղաթթվի 1:1 հարաբերությամբ տաք ջրային լուծույթով՝ դոնդողանյութի 2,0% ջրային լուծույթի և pH-ի թթվայնության մոտավորապես 1 արժեքի պայմաններում: Արդյունքում ստացված H_2SiO_3 -ից խառնուրդները հեռացնելու համար օգտագործվել են աղաթթվի 1...2% ջրային լուծույթ և տաք ջուր, իսկ SiO_2 -ը վերափոխելու համար ջերմամշակվել է մթնոլորտային օդի պայմաններում՝ 800...900 °C -ում:

Այսպիսով, ելանյութի տեխնածին առաջացումների տարբեր եղանակով նախապատրաստումից և դրանց արգասիքների հրահիդրոմետալուրգիական մշակումների արդյունքում ստացվել են՝

- SiO_2 -ի մոտավորապես 80% պարունակությամբ արգասիք, որը կազմում է ելանյութի զանգվածի մոտավորապես 52,5 %-ը,
- 97,3% պարունակությամբ, ըստ Գ.9428-73-ի, քիմիական մաքուր SiO_2 , որը քանակապես համապատասխանում է ելանյութում պարունակության մոտավորապես 90 %-ին,
- ծանր մետաղների պինդ խտանյութ, որի մեջ մետաղները կազմում են ելանյութում պարունակության մոտավորապես 45 %-ը,
- հեղուկ վիճակով խտանյութեր, որոնց մեջ երկաթը, մանգանը, ալյ արժեքավոր մետաղների հետ, կազմում են ելանյութում մետաղների պարունակության մոտավորապես 55 %-ը:

Եզրակացություններ: Հայաստանի Հանրապետության հանքային տեխնածին առաջացումներից՝ ստանդարտներին համապատասխանող նյութերի ստացման համատեքստում SiO_2 -ը պետք է դիտարկել որպես լայն կիրառական և առաջադեմ տեխնոլոգիաների զարգացման տեսանկյունից հիմնային նշանակության հանածո:

Համաձայն [15]-ից ստացվող տեղեկությունների՝ աշխատանքում ստացված 97,3% պարունակությամբ SiO_2 -ը կարող է կիրառվել ապակու, կերամիկայի, աբրազիվ և ջերմակայուն նյութերի, պլաստմասսայի, ռետինատեխնիկական առարկաների, սիլիցիումի կարբիդի արտադրություններում, ինչպես նաև էլեկտրոնիկայի և էլեկտրատեխնիկայի ոլորտում՝ որպես բյուրեղային սիլիցիումի ու դիէլեկտրական թաղանթների ստացման համար անհրաժեշտ բարձր մաքրությամբ SiO_2 -ի ստացման հումք:

Համաձայն [3-9, 16]-ի և սույն աշխատանքով ստացված տեխնոլոգիական ցուցանիշների վրա հիմնված հաշվարկի՝ միայն ՀՀ-ի մետաղարդյունաբերության տեխնածին առաջացումներից հնարավոր է ստանալ առնվազն 6 մլն տոննա տեխնիկական նշանակությամբ SiO_2 , որին համապատասխանող գումարը կազմում է մոտավորապես 6 մլրդ դոլար:

Մյուս կողմից՝ աշխատանքի արդյունքում առաջադրված տեխնոլոգիական գործընթացը հնարավորություն է ընձեռում՝ տարանջատելու և համակենտրոնացնելու հանքային տեխնածին առաջացումներում պարունակվող մետաղները որպես խտանյութեր, որոնք պետք է ընդունել որպես ազգային հարստությունները բազմապատկելու կարևոր աղբյուրներ: Այժմ արդեն ակնառու է, որ ՀՀ-ի մետաղարդյունաբերության տեխնածին առաջացումներից տեսականորեն հնարավոր է արդյունահանել մոտավորապես 3 *մլն. տոննա* տեխնիկական երկաթ, որի իրացումից ստացվող հասույթը կարող է կազմել 1,5...2,0 *մլրդ.դոլար*:

Հետազոտությունը կատարվել է ՀԱՊՀ «Միկրո- և նանոէլեկտրոնիկա» բազային լաբորատորիայի գիտական ծրագրերի շրջանակում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Волинкина Е.П.** Анализ состояния и проблем переработки техногенных отходов в России // Вестник Сибирского государственного индустриального университета: Экология и рациональное природопользование.- 2017.- № 2(20).-С. 43-49.
2. **Зоря С.Н.** Металлургические технологии переработки техногенных месторождений, промышленных и бытовых отходов. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014.-294 с.
3. **Мовсисян Р.С., Мовсисян А.И.** Первоочередные задачи, связанные с хвостохранилищами Республики Армения // Ученые записки ЕГУ. Геология и география.- 2014.- № 2.-С.16-22.
4. **Մովսեսյան Ռ.Ս.** ՀՀ լեռնային արդյունաբերության թափոնները, խնդիրներն և նրանց լուծման ուղիները // ԵՊՀ-ի գիտական Տեղեկագիր. Երկրաբանություն և աշխարհագրություն.- 2013.- № 3. - էջ 3-8:
5. **Никогосян О.С., Краевская С.Н.** Вопросы использования отходов горной промышленности // Научные труды Горнометаллургического института.-2002.- С.260-264.
6. **Արշակյան Մ.Կ.** Հազվագյուտ մետաղները ՀՀ հիդրոհանքային ռեսուրսներում և նրանց արդյունահանման հեռանկարները // ԵՊՀ-ի գիտական Տեղեկագիր. Բնական գիտություններ.-2005.- № 2.- էջ 3-8:
7. **Авагян А.С.** Рудно-сырьевые ресурсы Армении. - Ереван: Изд-во “Гитутюн” НАН РА, 2004.- 432 с.
8. **Геворкян Г.Г., Мусаелян А.В.** Систематизация металлических техногенных ресурсов Армении // Вестник НПУА: Metallurgy, материаловедение, недропользование. - 2017. - № 2.- С. 100-109.
9. **Оганесян А.М., Манукян А.С.** Распределение ценных металлов во флотационных отходах обогатительной фабрики Каджарана и перспективы их извлечения // Вестник НПУА: Сборник научных статей.- Ер., 2019.- Часть № 2.- С. 466 - 471.
10. **Այրապետյան Տ.Գ., Դաշտոյան Ա.Ր., Մուրադյան Գ.Ն., Տասունյան Մ.Յ.** Исследование состава и фазовой структуры техногенного продукта минерального сырья Республики Армения // Вестник НПУА: Metallurgy, материаловедение, недропользование.-2020.- № 2.-С. 9-17.

11. **Հայրապետյան Ս.Գ., Սասունցյան Ս.Է., Մուրադյան Գ.Ն.** Հայաստանի Հանրապետության հանքային հումքի տեխնադին մնացուկի մետաղաբերության հետազոտությունը // ՀԱՊՀ-ի Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու.- Երևան, 2022.- Մաս II.- էջ 451 – 456 :
12. Получение чистого высокодисперсного SiO₂ из кремнеземистого остатка / **А.Н. Габдуллин, Е.А. Никоненко, В.Ф. Марков, В.Ф. Ключев и др.** // Бутлеровские сообщения.-2017.-50(4).-С.90-95.
13. **Բաբլո Ա.Կ., Պյատնիցկի Վ.** Քանակական անալիզ (2-րդ վերամշակմամբ լրացված).- Եր.: Համալսարանի հրատարակչություն, 1974 - 638 էջ:
14. Патент РФ 2402485. МПК C01 B33/12. Способ получения аморфного диоксида кремния / **В.В. Наседкин, В. И. Лукашов.** - Оpubл. 27.10.2010.
15. https://ru.wikipedia.org/wiki/Диоксид_кремния.
16. <https://russian.alibaba.com/g/amorphous-silica-price.html>

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 20.12.2022:

С.Г. АЙРАПЕТЯН, Н.В. МАРТИРОСЯН, Г.А. АВЕТИСЯН, М.Э. САСУНЦЯН
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ
ДИОКСИДА КРЕМНИЯ И ОТДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ОТ РУДНЫХ
ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Показан комбинированный пирогидрометаллургический способ получения диоксида кремния технического назначения и концентратов металлов из рудных техногенных образований, устойчивых к химическим реагентам. Плавка сырья, подготовленного обработкой техногенных образований, осуществляется комбинированными реагентами, после чего расплав выщелачивается водным раствором соляной кислоты в гелеобразных условиях. Восстановленная кремнекислота с целью удаления примесей выщелачивается слабым водным раствором соляной кислоты, а для превращения в диоксид кремния подвергается термообработке в условиях атмосферного воздуха. В результате металлы, содержащиеся в техногенных образованиях, разделяются на твердые и жидкие концентраты.

Ключевые слова: техногенные образования, диоксид кремния, металлы, концентрат, плавка, выщелачивание.

**S.G. HAYRAPETYAN, N.W. MARTIROSYAN, G.A. AVETISYAN,
M.E. SASUNTSYAN**

**STUDYING THE TECHNOLOGICAL POSSIBILITY OF OBTAINING SILICON
DIOXIDE AND SEPARATION OF METALS FROM TECHNOGENIC ORE
FORMATIONS**

A combined pyro-hydrometallurgical technological method for obtaining silicon dioxide of technical purpose and metal concentrates from technogenic ore formations resistant to chemical reagents is shown. The smelting of the raw materials prepared for the processing of technogenic formations is carried out by combined reagents, after which the melt formed is leached with an aqueous solution of hydrochloric acid under gel-like conditions. The reduced silicic acid is leached with a weak aqueous solution of hydrochloric acid in order to remove impurities, and to be converted into silicon dioxide, it is subjected to heat treatment in atmospheric air. As a result of the process, the metals contained in technogenic formations are divided into solid and liquid concentrates.

Keywords: technogenic formations, silicon dioxide, metals, concentrate, smelting, leaching, dissolution.

Ա.Հ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ա.Թ. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ, Ս.Վ. ՄԱՍՅԱՆ
ԲԱԶՄԱԲԱՂԱԴՐԻՉ ՀԱՆՔԱՔԱՐԵՐԻՑ ՏԱՐԲԵՐ ՏԵՍԱԿԻ ԽՏԱՆՑՈՒԹԵՐ
ՍՏԱՆԱԼՈՒ ՆՊԱՏԱԿԱՀԱՐՄԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ

Իրականացվել է հանքավայրի լեռնաերկրաբանական և լեռնատեխնիկական պայմանների, ինչպես նաև հանքաքարի վերամշակման տեխնոլոգիայի համառոտ վերլուծություն: Տեխնիկատնտեսական հաշվարկներով հիմնավորվել են ցինկի և կապարի միջազգային նվազագույն գները, երբ նպատակահարմար կլինի ստանալ համանուն մետաղների խտանյութեր:

Առանցքային բառեր. հանքավայր, հանքաքար, կորզվող արժողություն, խտանյութ, նվազագույն գին:

Ներածություն: Հայտնի է, որ հանքավայրերի արդյունաբերական գնահատումն իրականացվում է օպտիմալ կոնդիցիաների պարամետրերի տեխնիկատնտեսական հիմնավորման նպատակով [1-3]: Վերջիններս, իրենց հերթին, ծառայում են որպես գործիքակազմ՝ հանքավայրերի հանքաքարերի և մետաղների պաշարների հաշվարկման համար [4, 5]: Մինչդեռ ժամանակ, կոնդիցիաների պարամետրերի բնեղեն արժեքների վրա զգալի ազդեցություն է ունենում հանքաքարերից ավելի շատ տեսակի խտանյութերի արտադրումը: Ասվածն առավել հատկանշական է, երբ դիտարկվում է ոսկի-բազմամետաղային հանքավայր, որտեղ հանքաքարը բազմաբաղադրիչ է: Ուստի բազմաբաղադրիչ հանքաքարերով ներկայացված հանքաքարերից տարբեր տեսակի խտանյութեր ստանալու նպատակահարմարության հիմնավորման խնդիրն արդիական է:

Հետազոտության նպատակն է հիմնավորել ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրի հանքաքարերում առկա ցինկի և կապարի միջազգային նվազագույն գները, որոնց դեպքում նպատակահարմար կլինի համանուն խտանյութերի ստացումը:

Խնդրի դրվածքը և հետազոտության մեթոդները: Հաշվի առնելով ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրի լեռնաերկրաբանական և լեռնատեխնիկական պայմանները, ինչպես նաև բազմաբաղադրիչ հանքաքարի որակատեխնոլոգիական հատկությունները, տեխնիկատնտեսական հաշվարկներով անհրաժեշտ է հիմնավորել ուղեկից օգտակար բաղադրիչների նվազագույն միջազգային գները:

1 u հանքաքարի կորզվող արժողությունը (U_i , $\$/u$) որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$U_i = Q_i \gamma, \quad (1)$$

որտեղ Q_i -ն խտանյութի գինն է, $\$/u$, γ -ն՝ հանքաքարից խտանյութի ելքը, *միավորի մաս*:

Մետաղի հաշվեկշռի հաշվառմամբ խտանյութի ելքը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\gamma = \frac{\alpha K_n - \theta}{\beta - \theta}, \quad (2)$$

որտեղ α -ն հանքաքարային զանգվածում օգտակար բաղադրիչի պարունակությունն է, % (q/u), β -ն՝ խտանյութում օգտակար բաղադրիչի պարունակությունը, % (q/u), θ -ն՝ հարստացման պոչանքներում օգտակար բաղադրիչի պարունակությունը, % (q/u), K_n -ն՝ արդյունահանման ժամանակ հանքաքարի որակի փոփոխման գործակիցը, *միավորի մաս*:

Հետազոտության արդյունքները: Դիտարկվել է ոսկի-բազմամետաղային հանքավայր, որտեղ տեղադրման պայմաններով և ձևաբանական առանձնահատկություններով առանձնանում են սակավաթեք՝ պարփակող ապարներին ներդաշնակ, և զառիթափ՝ պարփակող ապարները կտրող, հանքային մարմիններ [6]: Սակավաթեք (20...30%) հանքային մարմինները բնութագրվում են ոչ մեծ հզորությամբ (0,2...0,4 u), ըստ տարածման և անկման՝ ոչ հաստատունությամբ, և, ընդհանուր առմամբ, օգտակար բաղադրիչների ցածր պարունակություններով: Հիմնական գործնական նշանակություն ունեն զառիթափ (60...85%) հանքային մարմինները: Դրանք երակները և երակային գոտիներն են: Ոսկու, արծաթի, պղնձի, կապարի և ծարիրի հիմնական պաշարները կենտրոնացված են 1 (Աջափնյա տեղամաս) և 2 (Չախափնյա տեղամաս) հանքային մարմիններում:

Հանքային մարմին 1-ն ըստ տարածման հետամտված է մոտավորապես 1700 u , իսկ ըստ անկման՝ մինչև 250...300 u : Այն տարածվում է 65...70° ազիմուտով և անկում է զառիթափ (80...85%) դեպի հարավ-արևելք: Ներկայացված է հանքային գոտիով 0,8...0,9-ից մինչև 2,2...2,3 u հզորությամբ (միջինը՝ 1,5...1,6 u): Հանքային մարմինը ներկայացված է առանձին հանքայնացած տեղամասերով, որոնց միջև առկա են դատարկ ապարների և ոչ կոնդիցիոն հանքաքարերի տեղամասեր, որոնց քանակը կազմում է մոտավորապես 10%: Առավել գործնական նշանակություն ունի հանքային մարմնի հյուսիս-արևելյան մասը՝ մոտավորապես 900 u երկարությամբ: Հանքային մարմնի այդ մասն ուսումնասիրվել է առավել մանրամասն ինչպես ըստ տարածման, այնպես էլ ըստ խորության: Այստեղ այն, համե-

մատած հարավ-արևմտյան մասի հետ, բնութագրվում է առավել համատարածությամբ և ուղեկցվում է ոսկու արդյունաբերական պարունակությամբ մի շարք հանքայնացած գոտիներով:

Հանքային մարմին 2-ը հանքաքարի և մետաղների պաշարներով համարվում է առավել խոշորը: Մակերևութային և շտուկյաների հորիզոններում այն հետամտվել է ըստ տարածման մոտավորապես 2 կմ, ըստ խորության՝ մինչև 200 մ, այնուհետև մինչև 350 մ-ը՝ հորատանցքերով: Հանքային մարմինը ներկայացված է երակային գոտիով: Այն տարածվում է 60...70° ազիմուտով և անկում է զառիթափ (65...75°) հիմնականում դեպի հարավ-արևելք: Հանքային մարմնի արդյունաբերական մասի երկարությունը 1500...1600 մ է, իսկ խորությունը՝ 300 մ: Մակերևութային հանքաքարը մասնակիորեն օքսիդացած է: Օքսիդացման գոտու հզորությունը փոքր է՝ մինչև 10 մ: Հանքային մարմին 2-ը ուղեկցվում է պայմանական ոսկու արդյունաբերական պարունակություններով մի շարք գոտիներով, որոնք ձգվում են հիմնական հանքային մարմնին մերձգուգահեռ ուղղությամբ և հեռանում են դրանից սուր անկյան տակ: Սովորաբար դրանք ունեն ոչ մեծ հզորություն (մինչև 1,0 մ) և տեղադրված են հանքային մարմին 2-ից մի քանի մետր (երբեմն 20...30 մ) հեռավորության վրա:

Հանքավայրը նախատեսվում է մշակել ստորգետնյա եղանակով՝ 450 հազ. տ/տարի արտադրողականությամբ: Հանքաքարի արդյունահանումը մինչև 1,5 մ հզորությամբ հանքային մարմինների համար իրականացվելու է հանքաքարի ենթահարկային պոկմամբ՝ ճեղքային հանությամբ, իսկ 1,5 մ-ից մեծ հզորություններով հանքային մարմինների համար՝ ենթահարկային շտրեկներով հանքաքարի պոկմամբ մշակման համակարգով: Հանքաքարի վերամշակումը նախատեսվում է իրականացնել հանքի մոտակայքում կառուցվելիք հարստացուցիչ ֆաբրիկայում: Հանքաքարի հարստացման տեխնոլոգիան ընտրվել է հանքաքարերի երկու տեխնոլոգիական՝ ոսկի-պղինձ-կապարային և ոսկի-կապար-ծարիրային տիպերի համար՝ առանձին-առանձին ըստ կարճացված գրավիտացիա + ֆլոտացիա սխեմայի՝ կոնդիցիոն գրավիտատանյութի և ֆլոտատիտանյութի ստացմամբ:

Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ հանքավայրի հանքաքարերում առկա են ցինկ և կապար որոշակի պարունակություններով, ստորև դիտարկվում է ցինկի և կապարի խտանյութերի արտադրման նպատակահարմարության հարցը:

Աղ. 1-ում բերվում է ցինկի և կապարի խտանյութերի արտադրման դեպքում հավելաճային կորզվող արժողությունների խոշորացված հաշվարկը:

Հավելաճային կորզվող արժողությունների հաշվարկը

Ցուցանիշները	Չափման միավորը	Ցուցանիշներ արժեքները
Հանքաքարի հաստատված պաշարները	հազ. տ	6818
Հաստատված պաշարներում կապարի պարունակությունը	%	0,88
Հաստատված պաշարներում ցինկի պարունակությունը	%	0,35
Արդյունահանման ժամանակ հանքաքարի որակի փոփոխման գործակիցը	միավորի մաս	0,72
Հարստացվող հանքաքարում ցինկի պարունակությունը	%	0,25
Հարստացվող հանքաքարում կապարի պարունակությունը	%	0,63
Հնարավոր լավագույն տեխնոլոգիաներով մետաղների կորզումը հանքաքարից խտանյութ	%	75
Պոչանքներում կապարի պարունակությունը	%	0,1584
Պոչանքներում ցինկի պարունակությունը	%	0,063
Կապարի խտանյութում կապարի պարունակությունը	%	50
Ցինկի խտանյութում ցինկի պարունակությունը	%	50
Հանքաքարից կապարի ելքը համանուն խտանյութ	միավ. մաս	0,0095
Հանքաքարից ցինկի ելքը ցինկի խտանյութ	միավ. մաս	0,0038
Կապարի շուկայական գինը	ԱՄՆ \$/տ	2100
Ցինկի շուկայական գինը	ԱՄՆ \$/տ	3000
Կապարի խտանյութի գինը	ԱՄՆ \$/տ	702
Ցինկի խտանյութի գինը	ԱՄՆ \$/տ	1080
Հանքաքարի կորզվող արժողությունն ըստ կապարի	ԱՄՆ \$/տ	6,69
Հանքաքարի կորզվող արժողությունն ըստ ցինկի	ԱՄՆ \$/տ	4,09

Վերը բերված աղյուսակում կորզվող արժողության հաշվարկները կատարվել են հանքաքարից խտանյութ մետաղների 75% հավանական կորզման դեպքում: Ստորև ներկայացվող աղ. 2-ում բերվում են տվյալներ այլ տեսակի խտանյութեր ստանալու հավանական հավելաճային ծախսերի մասով:

Այլ տեսակի խտանյութեր ստանալու հավանական հավելաճային ծախսերը

1 տ հանքաքարի հարստացման ինքնարժեքը պղնձի խտանյութ արտադրող կոմբինատում, ԱՄՆ \$/տ	8,3
1 տ հանքաքարի հարստացման ինքնարժեքը պղնձի և ցինկի խտանյութեր արտադրող կոմբինատում, ԱՄՆ \$/տ	15,3
1 տ ցինկի խտանյութ ստանալու ուղղակի հավելաճային ծախսերը, ԱՄՆ \$/տ	7,00

Հարկ է նշել, որ յուրաքանչյուր տեսակի խտանյութի արտադրման համար լրացուցիչ կպահանջվի 1,0...1,5 մլն ԱՄՆ \$: Հատկանշական է այն հանգամանքը, որ երկու տարբեր տեսակի խտանյութ ստանալու դեպքում հնարավոր է նվազի հանքահարսացման արտադրության գումարային հասույթը՝ այն պատճառով, որ ոսկու որոշ քանակ կկորզվի նաև երկրորդ խտանյութ: Արդյունքում, ի տարբերություն մեկ տեսակի խտանյութի արտադրության, այս դեպքում չի վճարվի ոչ թե ոսկու մեկ գրամը, այլ՝ 1+1=2 գրամը: Նշված հանգամանքը կնվազեցնի խտանյութերի գումարային հասույթն ըստ ոսկու:

Աղ. 1-ից և 2-ից ակնհայտ երևում է, որ ցինկի և կապարի համաշխարհային գների ներկայիս մակարդակի պարագայում նպատակահարմար չէ դիտարկել ցինկի կամ կապարի խտանյութերի արտադրման հարցը: Այն արդիական կլինի համաշխարհային գների որոշակի մակարդակի դեպքում, երբ կապահովվի ըստ կապարի կամ ցինկի հանքաքարի կորզվող արժողության 7,0 ԱՄՆ \$/տ-ից մեծ ցուցանիշ: Դրան կարելի է հասնել կապարի և ցինկի շուկայական գների 3000 և 5000 ԱՄՆ \$/տ մակարդակների դեպքում՝ համապատասխանաբար: Հաշվարկների արդյունքները բերված են աղ. 3-ում:

Աղյուսակ 3

Ցինկի և կապարի նվազագույն միջազգային գնի հաշվարկման ամփոփ տվյալները

Ցուցանիշները	Չափման միավորը	Ցուցանիշների արժեքները
Հաստատված պաշարները	հազ. տ	6818
Հաստատված պաշարներում կապարի պարունակությունը	%	0,88
Հաստատված պաշարներում ցինկի պարունակությունը	%	0,35
Հանքաքարի որակի փոփոխման գործակիցը	միավ. մաս	0,72
Հարստացվող հանքաքարում ցինկի պարունակությունը	%	0,25
Հարստացվող հանքաքարում կապարի պարունակությունը	%	0,63
Մետաղների կորզումը հանքաքարից խտանյութ	%	75
Պոչանքներում կապարի պարունակությունը	%	0,1584
Պոչանքներում ցինկի պարունակությունը	%	0,063
Կապարի խտանյութում կապարի պարունակությունը	%	50
Ցինկի խտանյութում ցինկի պարունակությունը	%	50
Հանքաքարից կապարի ելքը կապարի խտանյութ	միավ. մաս	0,0095
Հանքաքարից ցինկի ելքը ցինկի խտանյութ	միավ. մաս	0,0038
Կապարի շուկայական գինը	ԱՄՆ \$/տ	3000
Ցինկի շուկայական գինը	ԱՄՆ \$/տ	5000
Կապարի խտանյութի գինը	ԱՄՆ \$/տ	1080
Ցինկի խտանյութի գինը	ԱՄՆ \$/տ	1920
Հանքաքարի կորզվող արժողությունն ըստ կապարի	ԱՄՆ \$/տ	10,30
Հանքաքարի կորզվող արժողությունն ըստ ցինկի	ԱՄՆ \$/տ	7,27

Եզրակացություն. Դիտարկվող հանքավայրի հանքաքարերից ցինկի և կապարի խտանյութերի արտադրությունը ցինկի և կապարի համաշխարհային գների ներկա մակարդակում տնտեսապես վնասաբեր է, սակայն այն կարող է տնտեսապես նպատակահարմար դառնալ դրանց համաշխարհային գների 3000...3500 ԱՄՆ \$ (կապարի պարագայում) և 5000...5500 ԱՄՆ \$ (ցինկի պարագայում) դեպքում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Աղաբալյան Յու.Ա., Հովհաննիսյան Ա.Հ., Բաղդասարյան Ա.Թ.** Պինդ օգտակար հանածոների հանքավայրերի արդյունաբերական գնահատում և մշակման պարամետրերի օպտիմալացում. Դասագիրք / ՀԱՊՀ. - Եր.: Ճարտարագետ, 2017. - 260 էջ:
2. **Агабалян Ю.А.** Теория и практика оптимального освоения недр.- М.: Недра, 1994.- 176 с.
3. **Агабалян Ю.А.** Общая теория оптимального освоения недр (твердые полезные ископаемые).- Saarbrücken (Германия): Palmarium Academic Publishing, 2015.- 288 с.
4. Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых / **В.И. Смирнов, А.П. Прокофьев** и др.-М.: Госгеолтехиздат, 1960. -672 с.
5. Курс рудных месторождений / **В.И. Смирнов, А.И. Гинзбург** и др. – М.: Недра, 1981. -348 с.
6. **Асланиян А.Т.** Региональная геология Армении. – Ереван: Айпетрат, 1958. -431 с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 14.12.2022:

А.Г. ОГАНЕСЯН, А.Т. БАГДАСАРЯН, С.В. МАМЯН

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РУД

Проведен краткий анализ горно-геологических и горно-технических условий месторождения, а также технологии переработки руды. Техничко-экономическими расчетами обоснованы минимальные международные цены на цинк и свинец и целесообразность производства концентратов одноименных металлов.

Ключевые слова: месторождение, руда, извлекаемая ценность, концентрат, минимальная цена.

A.G. HOVHANNESYAN, A.T. BAGHDASARYAN, S.V. MAMYAN

JUSTIFICATION OF THE FEASIBILITY OF OBTAINING DIFFERENT TYPES OF CONCENTRATES FROM MULTICOMPONENT ORES

A brief analysis of the mining-geological and mining-technical conditions of the deposit, as well as the technology of ore processing, is carried out. Feasibility studies substantiate the minimum international prices for zinc and lead, and it is advisable to produce concentrates of the same metals.

Keywords: deposit, ore, recoverable value, concentrate, minimum price.

Գ.Ա. ԱՀԱՐՈՆՅԱՆ

ՀՈՐԱՏԱՊԱՅԹԵՑՄԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ
ՊԱՅԹԵՑՎԱԾ ԼԵՆՆԱՅԻՆ ԶԱՆԳՎԱԾԻ ՓԼՎԱԾՔԻ ԶԵՎԱՎՈՐՄԱՆ
ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՎՐԱ

Պայթեցված լեռնային զանգվածի պարամետրերի կարգավորումը էական ազդեցություն է ունենում բաց լեռնային աշխատանքների արդյունավետության վրա: Ոչ հանքաքարային պինդ շինարարական նյութերի բացահանքերում պայթեցված լեռնային զանգվածի փլվածքի պարամետրերի կարգավորումն ապահովում է հանույթի մեծ ծավալներ: Հանքաքարային հանքավայրերում փլվածքի լայնքի սահմանափակումը թույլ է տալիս ընդերքից արդյունավետորեն կորզել հանքաքարը և կրճատել մակաբացման ծավալները: Գործող առաջարկությունները փլվածքի պարամետրերի որոշման վերաբերյալ թույլ չեն տալիս կատարել ինժեներական հաշվարկներ՝ տրված պարամետրերով փլվածք ստանալու համար:

Անալիտիկ հետազոտության մեթոդի հիման վրա առաջարկվել են պայթեցված լեռնային զանգվածի փլվածքի լայնքի և բարձրության հաշվարկման մեթոդներ՝ կախված զանգվածի բլոկավորվածությունից և հորատապայթեցման պարամետրերից: Առաջարկված մեթոդիկան թույլ է տալիս պայթեցման պարամետրերի փոփոխմամբ բացահանքի աշխատանքային հրապարակում ունենալ պայթեցված զանգվածի փլվածք՝ տրված լայնքով և բարձրությամբ: Կատարվել է հետազոտական և արդյունաբերական պայթեցման արդյունքների համեմատություն:

Առանցքային բառեր. զանգվածի բլոկավորվածություն, հանքաստիճան, պայթուցիկ նյութի լիցք, լեռնային զանգվածի փլվածք, պայթուցիկ նյութի դետոնացման արագություն:

Ներածություն: Սովորաբար ոչ հանքաքարային պինդ շինարարական նյութերի բացահանքերում պայթեցման արդյունավետությունը հանույթի ոչ մեծ ծավալների դեպքում գնահատվում է պայթեցված զանգվածի կոնդիցիոն ֆրակցիաների ելքով: Սակայն արդյունահանման մեծ ծավալների դեպքում պայթեցման գործունեության կարգավորումը շինարարական նյութերի բացահանքերում բնորոշվում է ոչ միայն ապարների մանրացվածության աստիճանով, այլ նաև պայթեցված զանգվածի փլվածքի պարամետրերով: Պայթեցման մեծ ծավալները բացահանքերում, հանքաստիճանային բլոկի հաստատուն բարձրության և հանքախորշի միևնույն երկարության դեպքում, արտահայտվում են հորատանցքերի շարքերի թվի մեծացմամբ: Հանքաստիճանային բլոկի կարճ դանդաղեցմամբ բազմաշարք

պայթեցման դեպքում, կախված պայթեցման սխեմայից, ձևավորվում են պայթեցված զանգվածի անկանոն փլվածք և անհավասարաչափ մանրացվածություն: Պայթեցված զանգվածի անկանոն փլվածքը բնորոշվում է փլվածքի առավելագույն լայնքով և բարձրությամբ, իսկ անհավասարաչափ մանրացվածությունը՝ պայթեցված զանգվածի վերջին շարքերում արտաչափս կտորների ելքի մեծացմամբ: Նման արդյունքով պայթեցումները բացասաբար են անդրադառնում բաց լեռնային աշխատանքների տեխնոլոգիական գործընթացների վրա (բարձում, տեղափոխում, ջարդում-տեսակավորում), որն իր անմիջական ազդեցությունն է ունենում արտադրանքի ինքնարժեքի և որակի վրա [1,2]:

Մետաղական բացահանքերում բաց լեռնային աշխատանքների արդյունավետության բարձրացումը պայմանավորված է պայթեցված լեռնային զանգվածի փլվածքի ձևավորման կատարելությամբ: Խոր բացահանքերում, որը բնորոշ է մետաղական հանքավայրերին, բնությունը պարտադրում է լեռնային աշխատանքների տեխնոլոգիական գործընթացներն իրականացնել նեղ աշխատանքային հրապարակում: Նման հանքավայրերում պայթեցված զանգվածի փլվածքի սահմանափակումը հնարավորություն է տալիս արդյունավետ օգտագործել նեղ աշխատանքային հրապարակը: Մակերևույթի նկատմամբ զառիթափ ռելիեֆով բարձունքային բացահանքերում պայթեցված զանգվածի փլվածքի լայնքի սահմանափակումը թույլ է տալիս մեծացնել բացահանքի աշխատանքային կողի թեքման անկյունը՝ հանգեցնելով մակաբացման ծավալների փոքրացմանը:

Վերը շարադրվածը վկայում է, որ պայթեցված լեռնային զանգվածի փլվածքի պարամետրերի կարգավորումն ապահովում է.

ա) ոչ մետաղական շինարարական նյութերի բացահանքերում արդյունահանման մեծ ծավալներ,

բ) մետաղական հանքավայրերում համեմատաբար մակաբացման քիչ ծավալների հեռացում,

գ) հանքաքարի արդյունավետ կորզում,

դ) բացահանքի սահմանափակ աշխատանքային հրապարակում հանքաքարի առավել արդյունավետ մշակում:

Տրված պարամետրերով պայթեցված լեռնային զանգվածի փլվածք ստանալու համար անհրաժեշտ է հստակ պատկերացում ունենալ պայթեցման պարամետրերի ազդեցության և փլվածքի ձևավորման գործընթացի վերաբերյալ [3]: Տեսական և փորձնական հետազոտությունների արդյունքում մի շարք հեղինակների կողմից առաջարկվել են պայթեցված զանգվածի փլվածքի լայնքի հաշվարկման մեթոդներ (աղ.1): Հեղինակները գտնում են, որ պայթուցիկ նյութի (ՊՆ) տեսակաբար ծախսի փոփոխությամբ կարելի է ստանալ պայթեցված զանգվածի փլվածք՝ անհրաժեշտ լայնքով: Բիարկե, այս լուծումներն ունեն տեսական մոտեցումներ, և

գործնականում կունենանք սպասվող արդյունքների էական շեղումներ: Տվյալ դեպքում խնդիրն ունի զուտ երկրաչափական լուծում, որը պահանջում է հորատանցքային ցանցի պարամետրերի և ՊՆ-ի լիցքի երկարության փոփոխմամբ տրված քանակի ՊՆ-ն հավասարաչափ բաշխել պայթեցվող զանգվածում: Իսկ ճեղքավորված զանգվածում, կախված ճեղքերի ինտենսիվությունից, շերտայնությունից, կիրառվող ՊՆ-ի տիպից, պայթեցվող բլոկի ծավալից, հնարավոր չէ երկրաչափական լուծմամբ իրականացնել ՊՆ-ի հավասարաչափ բաշխում: ՊՆ-ի լիցքավորումը ճեղքավորված զանգվածում միշտ ուղեկցվում է վերջինիս զգալի կորստով [4]: Ուստի խնդիրն գործնական լուծում տալու համար անհրաժեշտ է ընտրել հորատանցքային ցանցի պարամետրերը, ՊՆ-ի լիցքի երկարությունը կամ խցանյութի օպտիմալ երկարությունը: Այս դեպքում հեղինակների կողմից առաջարկված ՊՆ-ի հաշվարկային տեսակարար ծախսը կհանդիսանա ողորդող սահմանային ցուցանիշ, որը կհամեմատվի ՊՆ-ի փաստացի տեսակարար ծախսի հետ:

Աղյուսակ 1

Պայթեցված զանգվածի փլվածքի լայնքի հաշվարկման բանաձևեր

Հեղինակներ	Բանաձևեր	Խոսքեր
Ռժեսկի Վ.Վ.	$B_{\phi} = K_{\omega} K_{\beta} H_h \sqrt{q}$	H_h - հանքաստիճանի բարձրությունը, u'
Կուտուզով Բ.Ն.	$B_{\phi} = 3.5 H_h \sqrt[4]{F} \sqrt[3]{\frac{q}{H_h}}$	K_{ω} - ապարների պայթելիության գործակից
Ռակիշև Բ.Ռ.	$B_{\phi} = \frac{H_h Q_{\omega h}}{K_{\Delta} W l_{\mu}} \sqrt{\frac{q}{a}}$	K_{β} - հորատանցքի թեքությունը հաշվի առնող գործակից
«Союзвзрывпром»	$B_{\phi} = 5 q \sqrt{W H_h}$	F - գրունտի կարգը ըստ (строительные нормы и правила) СНИП-ի K_{Δ} - ճեղքավորվածության գործակիցը q - պայթուցիկ նյութի տեսակարար ծախսը, kg/m^3 $Q_{\omega h}$ - պայթուցիկ նյութի լիցքի քանակը հորատանցքում, kg l_{μ} - խցանյութի երկարությունը, u' W - հանքաստիճանի հիմքի դիմադրության գիծը, u'

Հետևաբար՝ հորատապայթեցման պարամետրերի ազդեցության հետազոտումը պայթեցված զանգվածի փլվածքի ձևավորման գործընթացի վրա հանդիսանում է արդիական խնդիր:

Խնդրի դրվածքը և հետազոտության մեթոդները: Պայթեցման արդյունավետությունը ՊՆ-ի լիցքի արդյունավետ օգտագործումն է պայթեցվող միջավայրում,

որը բնորոշվում է պայթեցման այն անհրաժեշտ էներգիայով, որը կապահովի ապարի պահանջվող մանրացվածություն և պայթեցված զանգվածի կոմպակտ փլվածք: Պայթեցման անհրաժեշտ էներգիան արտահայտվում է զանգվածում ՊՆ-ի լիցքի հավասարաչափ բաշխվածությամբ, որը կախված է պայթեցվող բլոկի ծավալից, զանգվածի ճեղքավորվածությունից, ապարի ֆիզիկամեխանիկական հատկություններից: ՊՆ-ի լիցքի բաշխվածությունը զանգվածում հանքաստիճանային բլոկի պայթեցման դեպքում բնութագրվում է հորատանցքային ցանցի ($a \times b$), պարամետրերով, հանքաստիճանի հիմքի դիմադրության գծի մեծությամբ (W) և ՊՆ-ի լիցքի երկարությամբ ($l_{\text{աբ}}$): Իսկ նշված պայթեցման պարամետրերը ֆունկցիա են հորատանցքի տրամագծից ($d_{\text{սկ}}$): ՊՆ-ի լիցքի բաշխվածությունը բնութագրող պարամետրերը համարվում են պայթեցված զանգվածի մանրացվածության աստիճանի և փլվածքի հաշվարկման տեխնոլոգիական պարամետրեր: Այդ են վկայում հեղինակների կողմից ներկայացված պայթեցված զանգվածի փլվածքի լայնքի հաշվարկման բանաձևերը (աղ. 2):

Աղյուսակ 2

Պայթեցվող հանքաստիճանի առանձին տարրերի թռիչքի սկզբնական արագության որոշման բանաձևեր

Հեղինակներ	Պայթեցվող ապարի թռիչքի սկզբնական արագությունը, $u/վ$	Ցուցանիշները
Ռեպին Ն.Յա.	$V_0 = 2 V_L (q / \pi \rho_{\text{պ}} K)^{1/2}$	V _L -լիցքի խոռոչի շարժման արագությունը, $u/վ$
Չեռնիզովսկի Ա.Ա.	$V_0 = (2EqK_L / \gamma_{\text{ապ}})^{1/2}$	q – ՊՆ-ի տեսակարար ծախսը, $կգ/ս^3$
Բուգրով Վ.Ի.	$V_0 = 0.125 D_{\text{պ}} \sqrt{\frac{q}{\gamma_{\text{ապ}}}}$	K _L – հորատանցքի լիցքավորման գործակիցը,
Ահարոնյան Գ.Ա.	$V_0 = 0.03 D_{\text{պ}} \frac{d_{\text{հոր}}}{l_{\text{ձեղ}}} \sqrt{\frac{2\pi\rho_{\text{պ}}}{\gamma_{\text{ապ}}}}$	ρ _պ – ՊՆ-ի խտությունը, $կգ/ս^3$ γ _{ապ} – ապարի խտությունը, $կգ/ս^3$ E – ՊՆ-ի տեսակարար էներգիան, $ս^2/ս^2$ K – պայթեցման օ. գ. –ն, D _պ – պայթուցիկ նյութի դետոնացման արագությունը, $ս/վ$ l _{ձեղ} – զանգվածում ճեղքավորվածության բլոկների միջին չափը, d _{հոր} – հորատանցքի տրամագիծը, $ս$

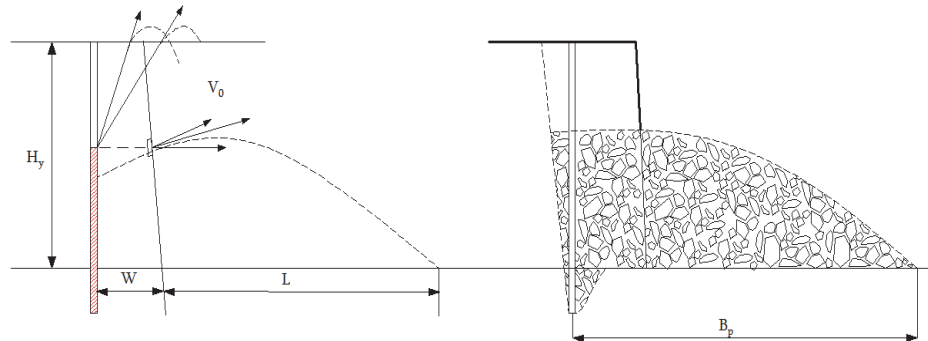
Հայտնի է, որ հանքաստիճանային բլոկի պայթեցման դեպքում տեղի է ունենում պայթեցված զանգվածի առանձին տարրերի թռիչք դեպի հանքաստիճանի ազատ մակերևույթ, որն ավարտվում է իներցիալ շարժմամբ և պայթեցված զանգվածի փլվածքի ձևավորմամբ (նկ. 3): Տեսական և փորձնական հետազոտությունների արդյունքում մի շարք հեղինակների կողմից առաջարկվել են պայթեցված զանգվածի սկզբնական թռիչքի պարամետրերի հաշվարկման մեթոդներ (աղ. 3):

Աղյուսակ 3

Պայթեցվող հանքաստիճանային բլոկի մեխանիկական հատկությունները, ամրության բնութագիրը և հորատապայթեցման տեխնոլոգիական պարամետրերը Արամուսի և Արարատի բացահանքերի պայմաններում

Պայթեցվող բլոկի ելակետային ցուցանիշները և պայթեցման տեխնոլոգիական պարամետրերը		
Պարամետրերը	Արամուսի բացահանք	Արարատի բացահանք
	արժեքները	
Ապարի ամրության գործակիցը ըստ Մ.Մ. Պրոտոդյակոնովի	$f = 10 \dots 12$	$f = 8 \dots 10$
Երկայնական ալիքի տարածման արագությունը ապարում, $մ/վ$	$V_n = 3700$	$V_n = 3450$
Ապարի խտությունը, $կգ/մ^3$	$\gamma_n = 2650$	$\gamma_n = 2720$
Հանքաստիճանի բարձրությունը, $մ$	$H_j = 10$	$H_j = 15$
Հորատանցքի տրամագիծը, $մ$	$d_{CK} = 0.125$	$d_{CK} = 0.160$
Հիմքի դիմադրության գիծը, $մ$	$W = 3.6$	$W = 6.8$
Հորատանցքային ցանցի պարամետրերը, $մ$	$axb = 3.3 \times 3.3$	$axb = 4.2 \times 4.8$
Գերհորատման չափը, $մ$	$l_q = 1.0$	$l_q = 1.0$
Հորատանցքի երկարությունը, $մ$	$l_{hnp} = 11.0$	$l_{hnp} = 16.0$
Խցանյութի երկարությունը, $մ$	$l_{\mu g} = 3.0$	$l_{\mu g} = 4.5$
ՊՆ-ի լիցքի երկարությունը, $մ$	$l_l = 8.0$	$l_l = 11.5$

Դժվար չէ նկատել, որ պայթեցված զանգվածի առանձին տարրերի թռիչքի սկզբնական արագությունը բնութագրող պարամետրերը համարվում են պայթեցված զանգվածի փլվածքի հաշվարկման էներգետիկ պարամետրեր (ՊՆ-ի դետոնացման արագություն, գազագոյացման արգասիքի սկզբնական ճնշում):



Նկ. Հորատանցքային լիցքի կինեմատիկական ազդեցությունը և փլվածքի ձևավորման սխեման

Ուստի խնդրի լուծումը պահանջում է.

1. Կախված պայթեցվող բլոկի երկրաչափական պարամետրերից, կառուցվածքային առանձնահատկություններից և ֆիզիկամեխանիկական հատկություններից, հաշվարկել պայթեցման այն օպտիմալ պարամետրերը, որոնք կապահովեն պայթեցված զանգվածի անհրաժեշտ մանրացվածությունը:

2. Իրականացնել պայթեցված զանգվածի փլվածքի ձևավորման գործընթացի հետազոտում՝ կախված հորատապայթեցման էներգետիկ և տեխնոլոգիական պարամետրերից:

Հորատապայթեցման աշխատանքների օպտիմալ պարամետրերի հաշվարկը կատարվել է հետևյալ սկզբունքով. համաձայն պայթեցման հաշվարկման մեր կողմից մշակված մեթոդիկայի՝ հաշվարկվել են պայթեցման պարամետրերը [5]:

Կատարվել է հաշվարկված պարամետրերի գնահատում՝ ըստ սպասվող արտաչափս կտորների ելքի հաշվարկման (1) բանաձևի:

Հաշվարկված պարամետրերի գնահատման չափանիշ է արտաչափս կտորների նվազագույն ելքը:

Հորատապայթեցման աշխատանքների օպտիմալ պարամետրերի հաշվարկը բերված է աղ. 3-ում: Սպասվող արտաչափս կտորների ելքի հաշվարկը կատարվել է անալիտիկ եղանակով, հիմք ընդունելով չենթարկվող մանրացման գոտու սահմանները, այդ թվում՝ նաև պայթեցման ոչ ակտիվ գոտին (խցանյութի գոտի).

$$V_H = \frac{1}{3} \frac{l_{\text{խց}} a_{\text{միջ}}}{H_{\text{հալ.}} d_{\text{կ}}} \frac{2a+W+l_{\text{խց}}}{a+W} 100, \% \quad (1)$$

որտեղ $l_{\text{խց}}$ –ը հորատանցքի խցանյութի երկարությունն է, $ա$, $միջ$ –ը՝ զանգվածում ապարի առանձին կտորների միջին տրամագիծը (միջին բլոկավորվածությամբ ապարների համար) – $d_{\text{միջ}} = 0,4$ $ա$, (խոշոր բլոկավորվածությամբ ապարների համար) – $d_{\text{միջ}} = 0,7$ $ա$, (անհամեմատ խոշոր բլոկավորվածությամբ ապարների

համար) - $d_{\text{միջ}} = 1,0$ Մ, $d_{\text{կ}} -$ ն՝ պայթեցված ապարի անհրաժեշտ կոնդիցիոն չափերը, $d_{\text{կ}} = 0,7$ Մ, $H_{\text{հան}} -$ ը՝ հանքաստիճանի բարձրությունը, Մ, $a -$ ն՝ հորատանցքերի միջև եղած հեռավորությունը, Մ, $W -$ ն՝ հանքաստիճանի հիմքի դիմադրության գիծը:

Պայթեցված զանգվածի փլվածքի ձևավորման գործընթացի հետազոտումը կատարվել է անալիտիկ եղանակով՝ համաձայն մեր կողմից մշակված պայթեցված զանգվածի տեղափոխման և փլվածքի ձևավորման մեթոդիկայի [6], որի հիմքում ընկած են ապարների քայքայման, արտաքին բալիստիկայի և կոշտ ոչ առաձգական միջավայրում պայթեցման ազդեցության տեսությունները: Անալիտիկ եղանակով սահմանվել են կախվածություններ փլվածքի լայնքի և պայթեցման յուրաքանչյուր պարամետրերի միջև, և այդ առանձին կախվածությունների հիման վրա ստացվել են պայթեցման դիտարկվող բոլոր պարամետրերի համալիր ազդեցությունը հաշվի առնող փլվածքի լայնքի և բարձրության բանաձևեր մեկ շարքով պայթեցման դեպքում:

$$B = 3 \sqrt[3]{f} \frac{l_{\text{ից}} d_{\text{հոր}} H_{\text{հան}}}{2W} \sqrt{\frac{2\pi\rho_{\text{պ}}}{\gamma_{\text{ապ}}}} \frac{D_{\text{պ}}}{V_{\text{ալ}}\sqrt{A}}, \quad \text{Մ}, \quad (2)$$

$$H = \frac{2WK_{\text{ամ}}H_{\text{հան}}}{l_{\text{ից}}} \sqrt{\frac{\gamma_{\text{ապ}}}{\rho_{\text{պ}}}} \frac{\sqrt{A} V_{\text{ալ}}}{D_{\text{պ}}}, \quad \text{Մ}, \quad (3)$$

որտեղ $f -$ ը ապարի ամրության գործակիցն է, ըստ Մ.Մ. Պրոտոդյակոնովի, $W -$ ն՝ հանքաստիճանի հիմքի դիմադրության գիծը, Մ, $l_{\text{ից}} -$ ը՝ հորատանցքային լիցքի երկարությունը, Մ, $d_{\text{հոր}} -$ ը՝ հորատանցքի տրամագիծը, Մ, $\rho_{\text{պ}} -$ ՊՆ-ի խտությունը, կգ/Մ³, $\gamma_{\text{ապ}} -$ ը՝ ապարի խտությունը, կգ/Մ³, $D_{\text{պ}} -$ ն՝ ՊՆ-ի դետոնացման արագությունը, Մ/վ, $V_{\text{ալ}} -$ ը՝ երկայնական ալիքի տարածման արագությունը ապարում, Մ/վ, $V_{\text{ալ}}\sqrt{A} -$ ն՝ երկայնական ալիքի տարածման արագությունը զանգվածում, Մ/վ, $A -$ ն՝ զանգվածի ճեղքավորվածության ակուստիկ ցուցանիշը, $H_{\text{հան}} -$ ը՝ հանքաստիճանի բարձրությունը, Մ, $K_{\text{ամ}} -$ ն՝ ապարների փխրության (разрыхления) գործակիցը, $K_{\text{ամ}} = 1, 1, \dots, 1, 2$:

Միջին բլոկավորվածությամբ ապարների դեպքում՝ $A=0,25$, խոշոր բլոկավորվածությամբ ապարների դեպքում՝ $A=0,4$, անհամեմատ խոշոր բլոկավորվածությամբ ապարների դեպքում՝ $A=0,6$:

Պայթեցման ակտիվ էներգիայի ներգործությունը պայթեցված ապարի մանրացման և փլվածքի ձևավորման վրա բնութագրվում է զանգվածում ՊՆ-ի լիցքի հավասարաչափ բաշխմամբ, դրա պայթեցման հերթականությամբ և ուղղությամբ, միաժամանակ՝ պայթող լիցքի քանակով [7]: ՊՆ-ի լիցքի հավասարաչափ բաշխումը, պայթեցման հերթականությունը և ուղղությունը կախված են հորատանցքային ցանցի և բազմաշառք կարճ դանդաղեցմամբ պայթեցման (ԲԿԴՊ) սխեմայի

ճիշտ ընտրությունից: ԲԿԴՊ-ի դեպքում յուրաքանչյուր միաժամանակ պայթող լիցքի խումբ ստեղծում է ազատ մակերևույթ, որը հաջորդ պայթող լիցքի խմբի համար ապահովում է պայթեցված զանգվածի տեղաշարժ դեպի ազատ մակերևույթ: Այս դեպքում պայթեցված զանգվածի փլվածքի լայնքը և բարձրությունը, կախված հորատանցքային լիցքերի միաժամանակ պայթող գծի և հանքաստիճանի ազատ մակերևույթի հետ կազմած անկյան φ մեծությունից, որոշվում են.

$$B_1 = k_\varphi B + (n-1)b, \quad (4)$$

որտեղ n -ը շարքերի թիվն է, b -ն՝ շարքերի միջև եղած հեռավորությունը, z , $b = a$:

$$H_1 = \frac{(1.15 \dots 1.2)H}{K_\varphi}, \quad (5)$$

որտեղ k_φ -ը φ անկյունը բնութագրող գործակից է:

φ	0	30	45	60	75	90
k_φ	1	0.85	0.75	0.7	0.65	0.6

Շարքերի հաջորդական պայթեցման դեպքում $\varphi = 0$, որի դեպքում փլվածքի լայնքը առավելագույնն է: Սեղանաձև ներհատումով ($\varphi = 45 \dots 60^\circ$) պայթեցման սխեմայի կիրառումն ապահովում է փլվածքի նվազագույն լայնքով պայթեցված զանգված:

Հետազոտության արդյունքները: Անալիտիկ հետազոտության արդյունքների ստուգման համար իրականացվել են փորձարարական պայթեցումներ Արամուսի բազալտի և Արարատի կրաքարի բացահանքերում:

Պայթեցման արդյունքները ներկայացված են աղ. 4-ում: Պայթեցումների արդյունքների վերլուծությունը ցույց է տվել անալիտիկ հաշվարկների բարձր համապատասխանությունը:

Արամուսի բացահանքում հանքաստիճանային բլոկի բարձրությունը կազմում է 10 z :

Մշակվող հանքաստիճանային բլոկները ներկայացված են միջին, խոշոր և անհամեմատ խոշոր բլոկավորվածությամբ, հորատանցքի տրամագիծը՝ 125 mm , ընտրվել է հորատանցքերի քառակուսային ցանց: ՊՆ-ի լիցքի քանակը հորատանցքում կազմում է 80...100 kg :

Արարատի բացահանքի մշակումը կատարվում է 15 z բարձրությամբ հանքաստիճաններով՝ ներկայացված միջին և խոշոր բլոկավորվածության ապարներով:

Արարատի բացահանքի համար ընտրվել է ուղղանկյունաձև հորատանցքային ցանց՝ 160 mm հորատանցքի տրամագծով: ՊՆ-ի լիցքի քանակը հորատանցքում կազմում է մինչև 200 kg :

Փորձարարական պայթեցումների արդյունքները Արամուսի և Արարատի բացահանքերի պայմաններում

Արամուսի բազալտի բացահանք								
Պայթեցում N 1 Հանքաստիճանային բլոկ N 4								
Շարքերի թիվը			Պայթեցման սխեման			Պայթեցվող բլոկի բլոկավորվածությունը		
n = 12			սեղանաձև ներհատումով կարճ դանդաղեցմամբ $\varphi = 45...60^{\circ}$			միջին բլոկավորվածությամբ		
Պայթեցման արդյունքները								
Փլվածքի լայնքը,մ			Փլվածքի բարձրությունը,մ			Արտաչափա կտորի ելքը, %		
հաշվարկային	փաստացի	շեղում %	հաշվարկային	փաստացի	շեղում %	սպասվելիք	փաստ	շեղում %
53.1	48.8	- 8.1	12.9	14.8	+12.8	10.8	12.4	+12.9
Պայթեցում N 2 Հանքաստիճանային բլոկ N 3								
Շարքերի թիվը			Պայթեցման սխեման			Պայթեցվող բլոկի բլոկավորվածությունը		
n = 10			սեղանաձև ներհատումով կարճ դանդաղեցմամբ $\varphi = 45...60^{\circ}$			ահամեմատ խոշոր բլոկավորվածությամբ		
Պայթեցման արդյունքները								
Փլվածքի լայնքը,մ			Փլվածքի բարձրությունը,մ			Արտաչափա կտորի ելքը, %		
հաշվարկային	փաստացի	շեղում %	հաշվարկային	փաստացի	շեղում %	սպասվելիք	փաստ	շեղում %
41.8	44.3	+5.6	19.8	18.7	- 5.5	27.3	26.1	- 4.3
Պայթեցում N 3 Հանքաստիճանային բլոկ N 7								
Շարքերի թիվը			Պայթեցման սխեման			Պայթեցվող բլոկի բլոկավորվածությունը		
n = 15			սեղանաձև ներհատումով կարճ դանդաղեցմամբ $\varphi = 45...60^{\circ}$			խոշոր բլոկավորվածությամբ		
Պայթեցման արդյունքները								
Փլվածքի լայնքը,մ			Փլվածքի բարձրությունը,մ			Արտաչափա կտորի ելքը, %		
հաշվարկային	փաստացի	շեղում %	հաշվարկային	փաստացի	շեղում %	սպասվելիք	փաստ	շեղում %
59.5	62.8	+5.2	16.2	13.8	-14.8	19.1	18.3	+ 4.2

Աղյուսակ 4-ի շարունակությունը

Արարատի կրաքարի բացահանք								
Պայթեցում N 1 հանքաստիճանային բլոկ N 16								
Շարքերի թիվը			Պայթեցման սխեման			Պայթեցվող բլոկի բլոկավորվածությունը		
n = 5			շարքերի հաջորդական պայթեցմամբ, $\varphi = 0$			միջին բլոկավորվածությամբ		
Պայթեցման արդյունքները								
Փլվածքի լայնքը,մ			Փլվածքի բարձրությունը,մ			Արտաչափս կտորի ելքը, %		
հաշվարկային	փաստացի	շեղում%	հաշվարկային	փաստացի	շեղում%	սպասվելիք	փաստ	շեղում
55.3	52.0	-5.9	16.5	18.0	+8.3	10.2	13.0	+21
Պայթեցում N 2 Հանքաստիճանային բլոկ N 11								
Շարքերի թիվը			Պայթեցման սխեման			Պայթեցվող բլոկի բլոկավորվածությունը		
n = 5			շարքերի հաջորդական պայթեցմամբ $\varphi = 0$			խոշոր բլոկավորվածությամբ		
Պայթեցման արդյունքները								
Փլվածքի լայնքը,մ			Փլվածքի բարձրությունը,մ			Արտաչափս կտորի ելքը, %		
հաշվարկային	փաստացի	շեղում%	հաշվարկային	փաստացի	շեղում, %	սպասվելիք	փաստ	շեղում
48.1	54.0	+10.9	21.2	8.5	-12.7	17.8	15.3	-14.0

Աղ. 3-ում բերված են պայթեցված զագվածի փլվածքի ձևավորման վրա ազդող հանքաստիճանային բլոկի կառուցվածքային առանձնահատկությունները, ամրության բնութագիրը, հորատապայթեցման տեխնոլոգիական և էներգետիկ պարամետրերը Արամուսի և Արարատի կրաքարի բացահանքերի պայմաններում [8,9]:

Բացահանքերում որպես պայթուցիկ նյութ կիրառվում է 820 կգ/մ³ և 3600 մ/վ դետոնացման արագությամբ ամոնիակային սելիտրա: Պայթեցումներն իրականացվում են բազմաշարք կարճ դանդաղեցմամբ: Արամուսի բացահանքում հորատանցքերի շարքերի թիվը կազմում է 10...15 շարք:

Ընտրվում է սեղանաձև ներհատումով պայթեցման սխեման: Արարատի բացահանքում պայթեցումը կատարվում է շարքերի հերթական պայթեցման սխեմայով (շարքերի թիվը կազմում է 3...6 շարք):

Պայթեցված լեռնային զանգվածի փլվածքի պարամետրերը որոշվել է մարկ-շեյդերական չափագրման միջոցով: Արտաչափս կտորների ծավալը որոշվել է ոչ կոնդիցիոն բլոկների (երբ կտորի միջին չափը գերազանցում է 800 մմ) հատային չափագրմամբ:

Եզրակացություն.

1. Պայթեցվող զանգվածի բլոկավորվածությունը համարվում է հիմնական ելակետային ցուցանիշը պայթեցվող զանգվածի տեղաշարժման և փլվածքի ձևավորման գործընթացում:

2. Պայթեցվող հանքաստիճանի փլվածքի պարամետրերը կախված են պայթեցված զանգվածի առանձին տարրերի թռիչքի արագությունից, հետևաբար՝ նաև թռիչքի հեռավորությունից, որի մեծությունն արտահայտվում է ՊՆ-ի դետոնացման արագությամբ և ՊՆ-ի լիցքի տրամագծի մեծությամբ ու երկարությամբ:

3. Պայթեցված զանգվածի փլվածքի լայնքը հակադարձ համեմատական է փլվածքի բարձրությանը և արտաչափս կտորների ելքին:

4. Զանգվածի փլվածքի պարամետրերի կարգավորման ամենաարդյունավետ եղանակը կարճ դանդաղեցմամբ պայթեցման այն սխեմայի կիրառումն է, որի դեպքում միաժամանակ պայթող լիցքերի ուղղությունը հանքաստիճանի ազատ մակերևույթի նկատմամբ կազմում է որոշակի անկյուն:

5. Փլվածքի ամենամեծ լայնքը ստացվում է շարքերի հաջորդական պայթեցման դեպքում, երբ միաժամանակ պայթող լիցքերի ուղղությունը զուգահեռ է հանքաստիճանի մերկացված մակերևույթին: Լիցքերի ընդլայնական պայթեցումը, երբ միաժամանակ պայթող լիցքերի ուղղությունը ուղղահայաց է հանքաստիճանի ազատ մակերևույթին, ապահովում է փլվածքի նվազագույն լայնքը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Ржевский В.В.** Процессы открытых горных работ.- М.: Недра, 1974. - 520 с.
2. Справочник взрывника / **Б.Н. Кутузов, В.М. Скоробогатов, И.Е. Ерофеев и др.**; Под общ. ред. Б.Н. Кутузова. – М.: Недра, 1988. – 511 с.
3. **Ракишев Б.Р.** Исследование основных факторов, влияющих на ширину развала и выхода негабарита при массовой отбойке вертикальными скважинными зарядами// Взрывное дело № 67/24. - М.: Недра, 1969.- С. 208–223.
4. Нормативный справочник по буровзрывным работам / **Ф.А. Авдеев, В.Л. Барон, Н.В. Гуров, В.Х. Кантор.** - 5 –е изд., перераб. и доп.- М.: Недра, 1986. -511 с.
5. **Агаронян Г.А.** Новая методика расчета параметров буровзрывных работ на карьерах // Известия НАН РА и ННУА. Сер.Техн. наук. – 2022. - Т.75, N1. - С. 43-54.
6. **Агаронян Г.А., Агаронян А.Г.** Моделирование процесса перемещения и формирования развала взорванной горной массы при взрыве в трещиноватой среде // Вестник Национального политехнического университета Армении: Металлургия, материаловедение, недропользование. - Ереван, 2018.– Т. 1.- С.84-95.

7. **Черниговский А.А.** Применение направленного взрыва в горном деле и строительстве. -М.: Недра, 1976.-319с.
8. Буровзрывные работы на угольных разрезах / **Н.Я. Репин, В.П. Богатырев, В.Д. Буткин и др.** – М.: Недра, 1987. – 254 с.
9. **Бугров В.Н.** Методика расчета параметров развала при взрывании в карбонатных породах// Горный журнал.- 1974.- № 4. - С. 42-43.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 14.02.2023:

Г.А. АГАРОНЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ РАЗВАЛА ГОРНОЙ МАССЫ

Регулирование параметров развала взорванной горной массы оказывает существенное влияние на эффективность открытых горных работ. Регулирование параметров развала на карьерах нерудных твердых строительных материалов обеспечивает большой объем добычи. На рудных месторождениях ограничение ширины развала позволяет более рациональное извлечение руды из недр и сокращение объема вскрышных пород. Существующие рекомендации по определению параметров развала не позволяют производить инженерные расчеты для получения развала заданных параметров.

На основе аналитического метода исследований предложена методика определения ширины и высоты развала взорванной горной массы в зависимости от блочности взрываемого массива и параметров буровзрывных работ (БВР). Предложенная методика позволяет с изменением параметров БВР на рабочих площадках карьера иметь развал заданной ширины и высоты. Проведено сопоставление аналитических данных с результатами производственных взрывов.

Ключевые слова: блочность массива, уступ, заряд взрывчатого вещества, развал горной массы, скорость детонации взрывчатого вещества.

G.A. AHARONYAN

**INVESTIGATING THE INFLUENCE OF DRILLING AND BLASTING
PARAMETERS ON THE PROCESS OF FORMATION OF ROCK MASS
COLLAPSE**

Regulation of the parameters of the exploded rock mass collapse has a significant impact on the efficiency of open-pit mining. Regulation of the parameters of collapse in quarries of non-metallic solid building materials provides a large volume of production. In ore deposits, limiting the width of the collapse allows for more rational extraction of ore from the subsoil and reduces the overburden volume. The existing recommendations for determining the parameters of the collapse do not allow to carry out engineering calculations to obtain the collapse of the specified parameters.

Based on the analytical method of research, a technique is proposed to determine the width and height of the collapse of the exploded rock mass, depending on the blockiness of the exploded array and the parameters of drilling and blasting operations (BVR). The proposed method allows, with a change in the parameters of the BVR on the working sites of the quarry, to have a collapse of a given width and height. The comparison of analytical data with the results of industrial explosions is carried out.

Keywords: blockiness of the array, ledge, explosive charge, collapse of the rock mass, detonation rate of the explosive.

Ո.Զ. ՄԱՐՈՒԹՅԱՆ, Ա.Լ. ԱՂՅԱՆ

**ԱՇՏԱՐԱԿԱՀԱՆՎԱՑՈՒՑԻՉՆԵՐՈՎ ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՋՐԱՄԱՏԱԿԱՐԱՐՄԱՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔՈՎ ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՎԱԾ՝ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՑԱՆԻ
ՀՋՈՐՈՒԹՅԱՆ ՍԱՀՄԱՆԱՓԱԿՄԱՆ ԱԼԳՈՐԻԹՄԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Ուսումնասիրվել է աշտարակահովացուցիչներով տեխնիկական ջրամատակարարման շրջապտուտային համակարգի աշխատանքով պայմանավորված ջերմային և ատոմային էներգաբլոկների տեղակայված հզորության սահմանափակումների հաշվարկման մեթոդիկան, որի հիման վրա համապատասխան ալգորիթմի մշակմամբ կառուցվել է հաշվարկային բլոկ-սխեման:

Առանցքային բառեր. տեղակայված հզորություն, տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգ, արտաքին օդի ջերմաստիճան, հովացնող ջրի ծախս, հովացնող ջրի սահմանային ջերմաստիճան, հզորության սահմանափակում:

Ներածություն: Տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգի (ՏՋՀ) հիմնական գործառնությունը տեղակայված հզորությամբ տուրբոազրեգատների շահագործման համար հովացնող ջրի ապահովումը և կոնդենսատորներում առավել տնտեսավետ նոսրացման պահպանումն է՝ անկախ դրանց շահագործման ռեժիմների փոփոխությունից: Տեղակայանքի արդյունավետությունը պայմանավորված է էլեկտրակայանի տեղակայման վայրի բնակլիմայական պայմաններով և ռեժիմային պարամետրերով, տուրբինների կոնդենսատորների, շրջանառության պոմպերի և ջրահովացուցիչների հավասարակշռված աշխատանքով:

Համաձայն [1]-ում ներկայացված ուսումնասիրությունների արդյունքների՝ տեխնիկական ջրամատակարարման շրջապտուտային համակարգի դեպքում ջերմային և ատոմային էներգաբլոկների տեղակայված հզորության սահմանափակումների հաշվարկման համար ավելի ցածր առաջնահերթության (գերակայության) մակարդակի ելակետային տվյալները (հետևաբար՝ նաև դրանց հանրագումարային մեծությունը) պետք է որոշել՝ հաշվի առնելով ավելի բարձր առաջնահերթության մակարդակի սահմանափակումների միաժամանակյա գործողությունը. օրինակ, ամռանը, հովացնող ջրի ջերմաստիճանի բարձրացմամբ պայմանավորված, հզորության սահմանափակումը պետք է գնահատվի շոգեգեներատորների (կաթսաների) շոգեարտադրողականության սահմանափակումը հաշվի առնելուց հետո: Այսինքն հովացնող ջրի ջերմաստիճանի սահմանափակումը պետք է գնահատվի կոնդենսատորներ տրվող շոգու նվազեցված ծախսի պայմաններում:

Սահմանափակումների դիտարկում: Աշտարակահովացուցիչներով (ցայտավազաններով) տեխնիկական ջրամատակարարման շրջապատուտային համակարգի հետ կապված սահմանափակումների գնահատումն իրականացվում է գրաֆավերլուծական մեթոդով միայն արտաքին օդի դրական հաշվարկային միջին ջերմաստիճանով ժամանակահատվածի դեպքում, որը որոշվում է որպես համապատասխան ժամանակահատվածի բոլոր օրերի հաշվարկային միջին օրական ջերմաստիճանների միջին թվաբանական մեծություն, ընդ որում՝ հաշվարկն իրականացվում է էլեկտրակայանի յուրաքանչյուր տուրբինի մուտքում և կոնդենսատորում գոլորշու ծախսի դիտարկմամբ՝ համաձայն [2] ուղեցույցի:

Շրջապատուտային համակարգի տարրերում ջրի հաշվարկային ծախսը՝ $W(u^{\beta}/\theta)$, ընդունվում է հետևյալ մեծությունների հիման վրա [2-5].

1. տուրբինի կոնդենսատորներում ջրի գումարային ծախս,

2. աշտարակահովացուցիչների (ցայտավազանների) գումարային արտադրողականությունը՝ հաշվի առնելով յուղա- և գազահովացուցիչներից (ՅԳՀ) վերադարձող հովացնող ջրի ծախսը՝

2.1. փաստացի, եթե առկա են տվյալ շահագործման ռեժիմը հաստատող համալիր փորձարկումների արդյունքներ. ընդ որում, պարտադիր կարգով պետք է օգտագործվի փորձարկումների տվյալների արդյունքներով կառուցված շահագործման բնութագիրը (նոմոգրամը),

2.2. նախագծային, եթե աշտարակահովացուցիչները գտնվում են բավարարվիչակում, կամ եթե փաստացի վիճակն ամրագրված չէ նորմատիվ-տեխնիկական փաստաթղթերում, ընդ որում, հաշվարկը պարտադիր կարգով իրականացվում է աշտարակահովացուցիչների անձնագրային տվյալներին և նորմատիվ բնութագրերին համապատասխան,

3. շրջանառության պոմպերի ընդհանուր արտադրողականությունը՝ հաշվի առնելով ՅԳՀ-ից վերադարձող հովացնող ջրի ծախսը,

4. մասնավոր դեպքում, համապատասխան փաստաթղթերով հաստատված լրասնման ջրի ծախսի սահմանափակումների առկայության պարագայում, շրջապատուտային համակարգում ջրի առավելագույն հաշվարկային ծախսը որոշվում է՝ հաշվի առնելով աշտարակահովացուցիչներում գոլորշացմամբ և կաթիլային տարվածքով պայմանավորված ջրի կորուստները, ելնելով շրջապատուտային համակարգերում նյութական հաշվեկշռի ապահովման պայմանից:

Ալգորիթմի մշակում և բոլկ-սխեմայի կառուցում: Ըստ ուսումնասիրված մեթոդիկայի և [1]-ում ներկայացված տրամաբանության՝ մշակվել են աշտարակահովացուցիչներով ՏՁՀ-ի աշխատանքով պայմանավորված էլեկտրակայանի հզորության սահմանափակման գնահատման ալգորիթմ և դրան համապատասխան բոլկ-սխեմա (նկ.):

Ալգորիթմի հիմքում ընկած է արտաքին օդի ջերմաստիճանից կախված ՏՋՀ-ում հովացած ջրի ջերմաստիճանի երկկողմանի մոտեցմամբ որոշումը՝ համապատասխան իզոգծերի կառուցմամբ (բլոկ-սխեմայում ներկայացված 2 հաջորդական բլոկներ), ստացված իզոգծերի համադրմամբ՝ արտաքին օդի ջերմաստիճանի ու տեսակարար ջերմային բեռնվածքի սահմանային արժեքների որոշումը՝ սահմանափակման գործակցի կիրառմամբ և, որպես վերջնարդյունք, հզորության սահմանափակման մեծության կախվածությունը արտաքին օդի ջերմաստիճանից:

Ալգորիթմը մշակելիս կիրառվել են շահագործման բնութագրերը կամ չափորոշային նոմոգրամները և ստորև բերվող մոտեցումներն ու սահմանափակումները:

1. Արտաքին օդի ջերմաստիճանին տրվում են մի քանի կամայական արժեքներ (օրինակ՝ 5°C քայլով)՝ սկսած 0°C-ից մինչև ամենաշոգ ամսվա՝ արտաքին օդի առավելագույն հաշվարկային ջերմաստիճանը գերազանցող ջերմաստիճանը:

2. Աշտարակահովացուցչի նոմոգրամով ստացված արժեքները ճշգրտվում են՝ հաշվի առնելով աշտարակահովացուցչի ելքում հովացնող ջրի ջերմաստիճանին համապատասխան ուղղումը: Ընդ որում, հաշվի են առնվում միայն քամու արագության մեծությամբ պայմանավորված, ինչպես նաև ջրի միջին կշռային ջերմաստիճանային անկման մեծությունից կախված ուղղումները: Այն դեպքում, երբ դիտարկվող հաշվարկային մեծությունը ստացվում է ավելի մեծ, քան նոմոգրամում առկա համապատասխան առավելագույն արժեքն է, անհրաժեշտ է հաջորդական քայլերով նվազեցնել կոնդենսատոր տրվող գոլորշու ծախսը, մինչև հաշվարկված արժեքը հայտնվի նոմոգրամի աշխատանքային գոտում:

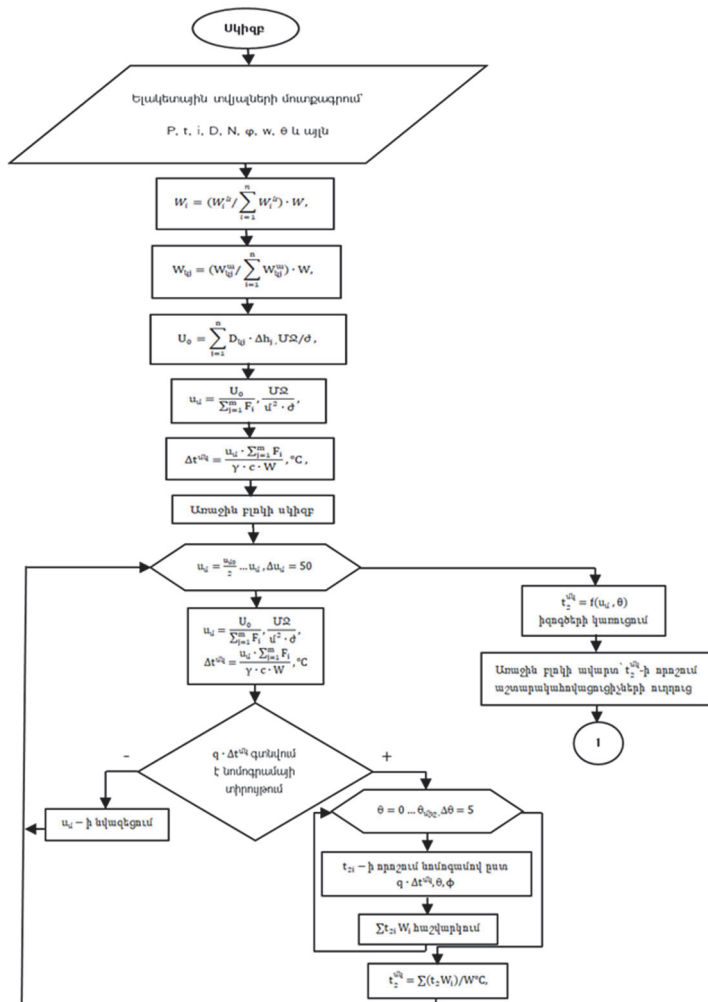
3. Շրջանառության պոմպերի մուտքային մաս հետադարձ ջրի տրմամբ ՅԳՀ-ի տեխնիկական ջրամատակարարման սխեմայի դեպքում, նկատի ունենալով, որ վերադարձող ջրի ջերմաստիճանի ազդեցությունը կոնդենսատորի մուտքում ընդհանուր ջրի ջերմաստիճանի վրա աննշան է, հաշվի է առնվում միայն ջրի ծախսը, որը կարևոր է այն դեպքում, երբ շրջապտուտային համակարգում ջրի առավելագույն հաշվարկային ծախսի սահմանափակող հիմնական գործոնը համարվում է շրջանառության պոմպերի անբավարար արտադրողականությունը:

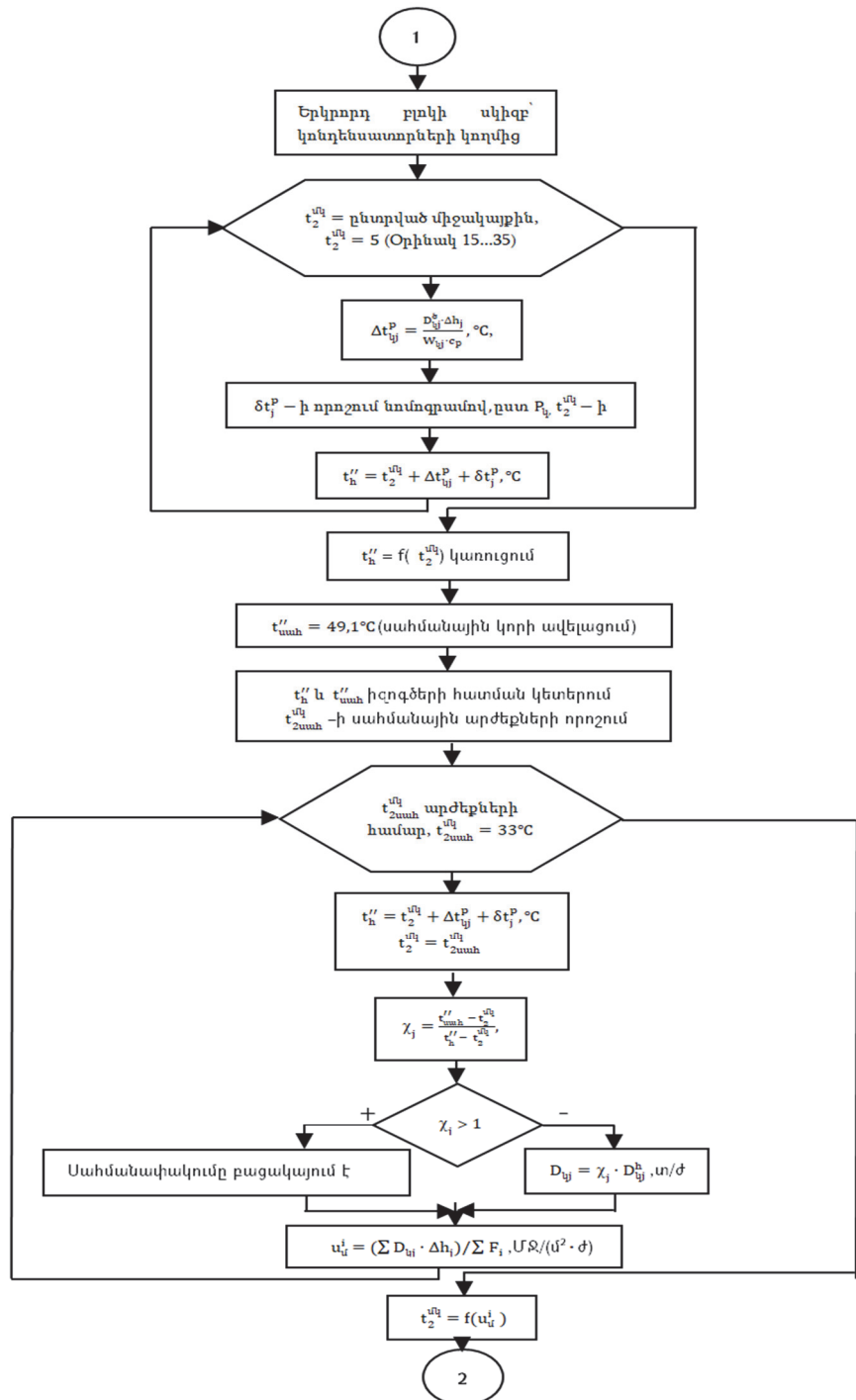
4. Հովացուցիչներից առաջ ջրի վերադարձմամբ ՅԳՀ-ի տեխնիկական ջրամատակարարման սխեմայի դեպքում, երբ ՅԳՀ-ում տաքացած ջուրը տրվում է հովացման ջրահովարաններ, ջերմաստիճանի ազդեցությունը ևս հաշվի չի առնվում, իսկ ջրի ծախսը ջրահովարաններ ընդունվում է հավասար տուրբինի կոնդենսատորների և ՅԳՀ-ի հովացնող ջրի ծախսերի գումարին:

5. Յուրաքանչյուր տուրբոազդեցատի համար հովացնող ջրի ջերմաստիճանի առավելագույն թույլատրելի արժեքը, որի գերազանցումը ստեղծում է տուրբոազդեցատի ջերմային բեռնվածքի (գոլորշու ծախսի), հետևաբար, նաև էլեկտրական հզորության սահմանափակում, իրականացվում է ըստ հետևյալ չափանիշների [2].

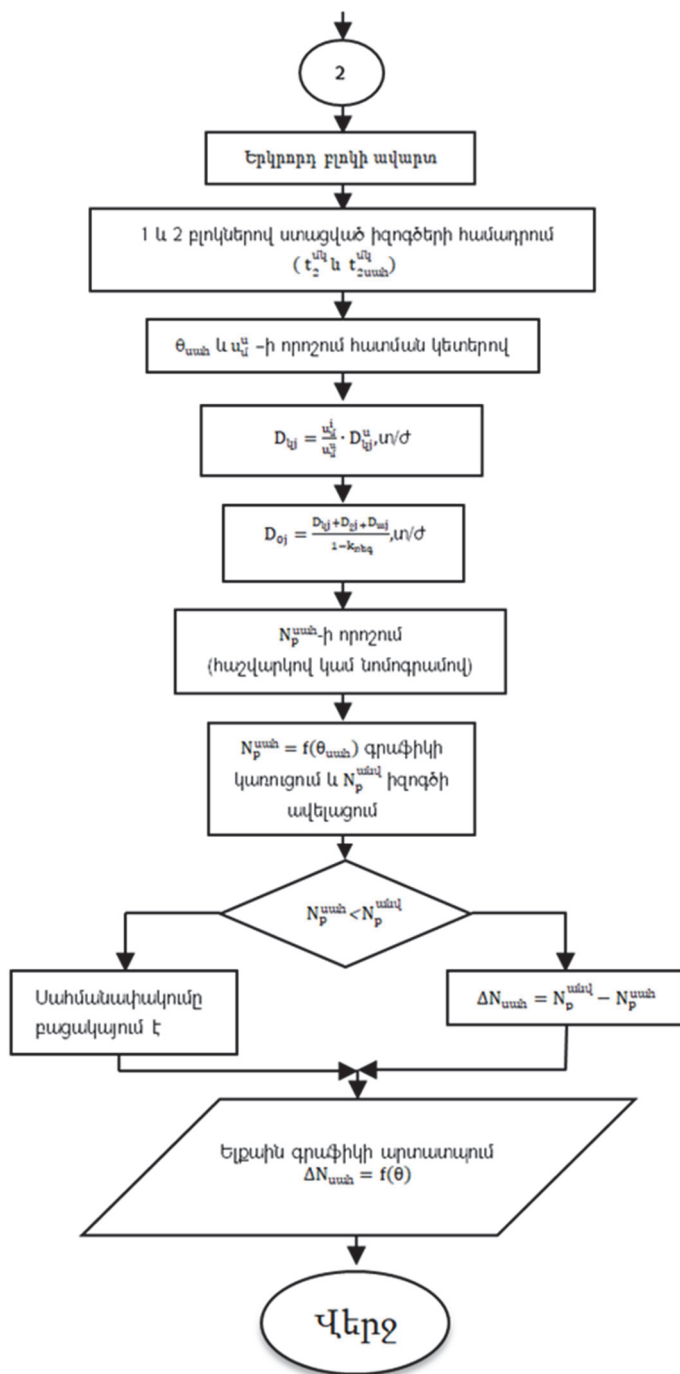
- ըստ տուրքինի կոնդենսատորներում աշխատած գոլորշու առավելագույն թույլատրելի ճնշման՝ $p_2 = 12 \text{ կՊա}$, $t_h'' = 49,1^\circ\text{C}$. հնարավոր են նաև աշխատած գոլորշու ճնշումը սահմանափակող այլ արժեքներ (օրինակ, վատացած նոսրացմամբ միջին ճնշման տուրբոազդեցատների դեպքում և այլն), մասնավոր դեպքերում, կախված սխեմայից, հնարավոր է հովացնող ջրի առավելագույն թույլատրելի ջերմաստիճանի դիտարկումը՝ որպես սահմանափակում, ըստ բլոկային աղագրկիչ տեղեկայանքների գտիչների աշխատանքի տեխնիկական պահանջների՝ $t_2 = 40^\circ\text{C}$,

- ըստ ՅԳՀ-ի շահագործման տեխնիկական պահանջի՝ $t_2^{\text{սկ}} = 33^\circ\text{C}$: Այս պայմանը հաշվի չի առնվում այն դեպքում, երբ ՅԳՀ-ի հովացումն իրականացվում է հովացնող ջրի այլ աղբյուրի միջոցով:





Նկարի շարունակությունը



Նկ. Աշտարակահովացուցիչներով ՏՋՀ-ի աշխատանքով պայմանավորված
էլեկտրակայանի հզորության սահմանափակման որոշման բլոկ-սխեման

Ելքային գրաֆիկների կառուցման դեպքում հաշվի է առնվում կոնդենսատորում գոլորշու ճնշման փոփոխությամբ պայմանավորված հզորության փոփոխությունը, որը որոշվում է կամ ըստ կոնդենսատորների չափորոշիչ բնութագրերի, կամ կոնդենսատորներում հագեցած գոլորշու ջերմաստիճանի արժեքների՝ հաշվի առնելով դիտարկվող դեպքում կոնդենսատորում գոլորշու ծախսի նվազեցումը:

Ստացված արժեքների դիտարկմամբ յուրաքանչյուր տուրբինի համար կառուցվում է արտաքին օդի ջերմաստիճանից էլեկտրական հզորության կախվածության գրաֆիկը, որի հիման վրա ստացվում է տվյալ հաշվարկային ժամանակահատվածում կայանի գումարային հզորության առնչական կախվածությունը:

Սահմանափակումների մեծությունը որոշվում է գրաֆիկորեն՝ վերը նշված պատկերման մեջ ներառելով էլեկտրակայանի դիտարկվող էներգաբլոկների տեղակայված հզորությունների գումարային արժեքը, ընդ որում, այն տեղակայված գումարային հզորության և հաշվարկային մեծության (եթե այն փոքր է տեղակայված հզորությունից) տարբերությունն է արտաքին օդի տվյալ ջերմաստիճանում:

Եզրակացություն: Մշակված ալգորիթմը և դրա հիման վրա կառուցված բլոկ-սխեման հնարավորություն են տալիս գնահատելու էլեկտրակայանի տեղաբաշխման վայրի բնակլիմայական պայմաններով պայմանավորված էլեկտրակայանի հզորության սահմանափակումը տարատեսակ աշտարակահովացուցիչներով կամ ցայտավազներով կահավորված ՏՋՀ-ով ջերմային և ատոմային էլեկտրակայաններում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Մարուխյան Ռ.Ջ., Աղյան Ա.Լ.** Տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգի աշխատանքով պայմանավորված էլեկտրակայանի հզորության սահմանափակման ալգորիթմի մշակումը // ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտական և մեթոդական հոդվածների ժողովածու.- Մաս 2.- Երևան, 2022.- էջ 415-420:
2. Методические указания по определению ограничений установленной мощности тепловых электростанций МУ 34-70-084-84 /СПО Союзтехэнерго. - М., 1984.
https://soups.ru/fileadmin/files/laws/market_regulations_archiv/metodicheskie_ukazaniya.pdf
3. **Մարուխյան Ռ.Ջ., Հովհաննիսյան Լ.Ս.** Ջրախնայողական տեխնոլոգիաների օգտագործումը էներգետիկայում. Դասագիրք.-Եր.: Ճարտարագետ, 2007.-288 էջ:
4. Типовая инструкция по приемке в эксплуатацию башенных градирен РД 34.22.402-94 / АО "Фирма ОРГРЭС".- М.,1994.
5. Типовая инструкция по эксплуатации брызгальных установок РД 34.22.507-90/ СПО ОРГРЭС.- М., 1991.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 16.05.2023:

В.З. МАРУХЯН, А.Л. АДЯН

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОГРАНИЧЕНИЯ МОЩНОСТИ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ РАБОТОЙ СИСТЕМЫ
ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ГРАДИРНЯМИ**

Исследована методика расчета ограничений установленной мощности тепловых и атомных энергоблоков за счет работы системы циркуляции технического водоснабжения с градирнями, на основании чего построена расчетная блок-схема путем разработки соответствующего алгоритма.

Ключевые слова: установленная мощность, система технического водоснабжения, температура наружного воздуха, расход охлаждающей воды, предельная температура охлаждающей воды, ограничение мощности.

V.Z. MARUKHYAN, A.L. ADYAN

**DEVELOPING AN ALGORITHM OF THE POWER PLANT POWER LIMITATION
CONDITIONED BY THE OPERATION OF THE TECHNICAL WATER SUPPLY
SYSTEM WITH TOWER COOLERS**

The method of calculating the limitations of the established capacity of thermal and nuclear power units due to the operation of the technical water supply circulation system with tower coolers is studied based on which the calculation block-diagram is built by developing the appropriate algorithm.

Keywords: established power, technical water supply system, outside air temperature, cooling water consumption, cooling water limit temperature, power limit.

UDC 004.832

COMPUTER SCIENCE AND
INFORMATICS

DOI: 10.53297/0002306X-2023.v76.2-202

D.M. GALSTYAN, E.A. HARUTYUNYAN, K.H. NIKOGHOSYAN

**HUMAN ACTION RECOGNITION: IMPROVING THE ACCURACY OF
DEEP CONV-LSTM ARCHITECTURE THROUGH NOISE CLEANING
PRIOR TO KEY FRAMES SELECTION**

Recognizing human actions has numerous practical applications that can address issues and enhance the effectiveness and living standards across various domains. For solving the human action recognition task from videos, the Deep Conv-LSTM model architecture has been used on the UCF101 dataset. To preprocess the frames, a method has been proposed that integrates two algorithms: Noise Cleaning and Dissimilarity-Based Key Frame Selection (KFS). By employing these algorithms cohesively and effectively, image quality has been enhanced and unwanted data have been eliminated. The Uniform Frame Selection, Dissimilarity-Based KFS, and the proposed algorithm are evaluated, and their performances are compared based on the accuracy and data size reduction. The results show that the Dissimilarity-Based KFS algorithm outperforms the Uniform Frame Selection algorithm in accuracy by 2%, and the proposed method shows a 3% and 5% improvement in accuracy compared to the first two algorithms, respectively. Furthermore, the proposed algorithm reduces the data size by 26%, making it computationally efficient.

Keywords: deep learning, deep conv-lstm architecture, data preprocessing, noise cleaning, key frame selection.

Introduction. Videos of people are everywhere, which encompasses a wide range of their actions. Human Action Recognition (HAR) develops algorithms and models to accurately and efficiently recognize and discriminate between various types of human actions, which is applied in health monitoring, surveillance, sports analytics, and human-computer interaction, among others [1]. There are a number of ways to achieve the goal of HAR, the most popular of which is deep learning. This technique is used to solve a number of problems such as HAR using external sensors [2], phone sensors [3], HAR in IoHT applications [4] etc. Having a good dataset plays a key role in deep learning problems. There are a number of popular datasets for HAR, including UCF101 [5], HMDB51 [6], ActivityNet [7] which contains realistic videos from various sources and different action categories. Often video datasets are large and contain numerous frames, which makes the recognition process computationally intensive and time-consuming.

FPS shows how many distinct frames per second the camera or other device is able to record and capture. Although higher FPS video demands more storage and processing power to evaluate and extract information from, it can also offer more in-depth information about the scene being shot [8]. The information that can be captured with a lower frame rate video could however be sufficient in other applications like surveillance [9]. Videos with higher FPS often increase the learning time, but this does not help, because the same frames contain only identical information and do not differ from each other [10].

During the capture of an image or video, it common for different types of noise to be introduced into the frame. The practice of reducing unneeded or irrelevant noise from a signal or image while keeping the underlying information is known as noise cleaning.

Related works. So far, various methods have been researched and proposed to improve training datasets, such as removing noises from them [11], and also works that have investigated the frame extraction processes in videos that will help improve performance [12].

In [13], a dataset of sign language videos is preprocessed to recognize emotions using uniform sampling. For the final dataset, the authors have selected a uniform random subset of segments from each video cut into fixed-length segments. They avoided biasing any particular subset of their data by using uniform sampling to ensure the dataset represented the range of emotions displayed by the sign language users.

In [14] an action dataset was preprocessed using uniform sampling for real-time action recognition. The authors made sure that the dataset was impartially representative of all human behaviors in the films by employing uniform sampling to prevent bias against any particular subgroup of the data.

[15] has suggested a technique for summarizing videos that chooses frames depending on how different they are from one another. In other words, the authors utilize a metric called frame difference to choose which frames belong in the summary. This entails comparing each frame to its neighboring frames and choosing those that show noticeable variations in pixel values or other characteristics. According to the authors, this method can assist in locating significant and instructive video frames while also minimizing the quantity of repetitive material in the summary.

[16] has described a technique for video summarizing that chooses frames for the summary based on temporal and spatial frame disparities. The authors choose which frames are the most instructive and should be included in the summary based on the variance in pixel values between neighboring frames as well as between various locations within a single frame. In [17] presented an OCR-

based model using a deep Convolutional Neural Network (CNN) to detect real-time student learning activities. The noise reduction techniques are used to achieve better image quality during the data preprocessing.

The objective of the [18] is to extract Bill of Materials information (BOM) from isometric drawings using Tesseract. The image preprocessing technique OpenCV is used, which includes image segmentation, edge detection, and line detection, and helps to enhance the quality of the images.

In [19] FastNIMeansDenoisingColored algorithm is used in a monitoring system for evaluation of COVID-19 infection risk during the preprocessing stage to remove a Gaussian noise, etc.

The proposed method. For the testing purposes, the UCF101 dataset is selected, which contains 101 action categories grouped into 25 groups, it has 13,320 videos in which each second has 25 frames, and they have a resolution of 320×240 pixels. Even a dataset that seems generally the best can be improved.

For the HAR, the Deep Conv-LSTM architecture is chosen because it can effectively capture spatiotemporal features, process sequential data and learn hierarchical representations. Before the actual model training process, the dataset was preprocessed. Since the chosen architecture is time-based, there is a need to provide a fixed number of frames to the network input, while the videos in the dataset have different latency and FPS. There are many KFS algorithms and the goal of all of them is to select a certain number of frames from a video while reducing the size of the dataset. In order not to miss the main content of the video, the frames containing the important information, the Dissimilarity-Based algorithm of KFS is chosen, which is based on the visual differences of the neighboring frames (Fig. 1).

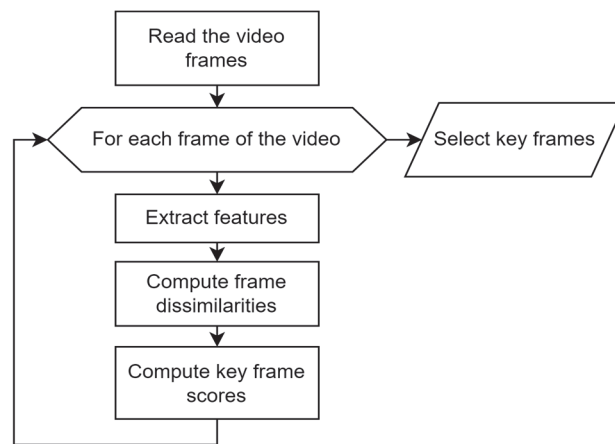


Fig. 1. The dissimilarity-Based KFS algorithm block diagram

In general, all datasets can be improved and made more optimal for solving specific problems. Since the videos in the selected UCF101 dataset contain noises in addition to human actions, it is suggested to clean them at the preprocessing stage. For the noise cleaning purposes FastNIMeansDenoisingColored algorithm is chosen (Fig. 2).

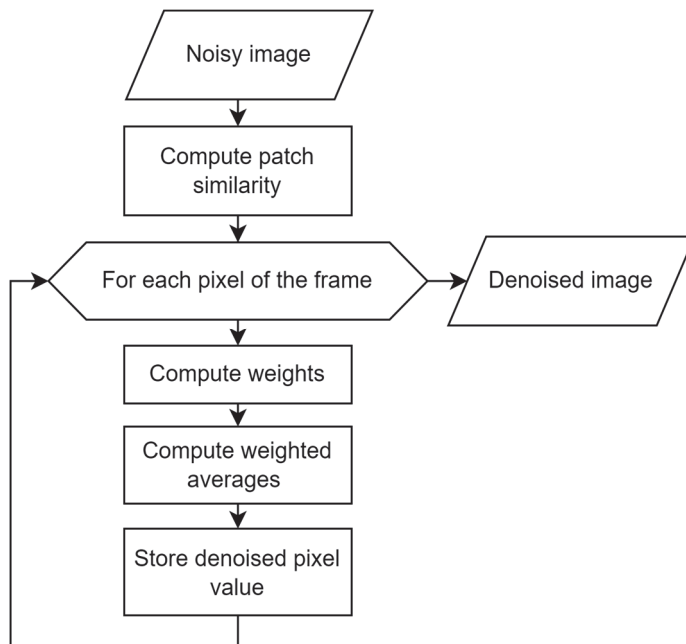


Fig. 2. Noise cleaner algorithm block diagram

In the left part of the Fig 3(a), one frame from an unmodified UCF101 dataset is displayed. In contrast, the second part of that image illustrates the same frame after the application of a denoising algorithm.



Fig 3. The original frame from the dataset and denoised one

Conducive to calculate the frame differences more effectively, it is proposed to perform the NC algorithm before performing Dissimilarity-Based KFS. By removing the noise from the frames, it will allow the BFS algorithm to pay more attention to the changes in the real content. The entire processing steps are shown in Fig. 4.

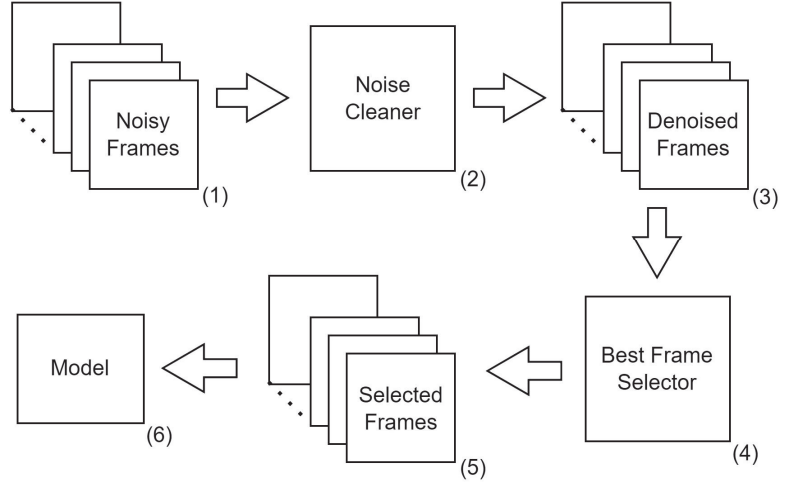


Fig. 4. The full process diagram of the proposed method

In order to test the effectiveness of the proposed preprocessing method, numerous training sessions were run to evaluate the level of accuracy.

Experiments and results. All the experiments are performed on the Deep Conv-LSTM model architecture and on the selected UCF101 dataset allowing them to be carried out under equal conditions. The results of the experiments are shown in Table.

Table

Results of the experiments

Preprocessing type	Model accuracy
Uniform Frame Selection	82%
Dissimilarity-Based KFS	84%
NC + Dissimilarity-Based KFS	87%

As it can be seen from the table above, Dissimilarity-Based KFS shows 2% higher accuracy than Uniform Frame Selection, which proves the fact that informative frames may be missed in case of the first method. The proposed method is of 3% and 5% higher accuracy, respectively. provide more than the first two algorithms respectively. This indicates that there are noisy frames in the selected data set. If

they are cleaned, the Dissimilarity-Based KFS algorithm pays more attention to the important differences in the frames.

Also data sizes were measured on datasets obtained from a video frame, and it was found that after applying the NC algorithm, the size of the initial dataset was reduced by 26% compared to the size acquired after frame selection, without changing the amount of training data frames.

Conclusion. HAR has a wide range of applications that can solve problems and improve efficiency and quality of life in various fields. The architecture of the Deep Conv-LSTM model is used to solve the problem of identifying human actions from video on the UCF101 dataset. It has been proposed to preprocess frames by combining frame denoising algorithm with keyframe selection one. Combining these preprocessing methods enables the model to concentrate on the video frames' most important data, which results in greater accuracy and quicker processing. For the comparison, data have been preprocessed also by the Uniform frame selection and the Dissimilarity-Based KFS algorithms. The results show that Dissimilarity-Based KFS outperforms Uniform frame selection by 2% in accuracy, and the proposed approach outperforms both algorithms by 3% and 5%. The proposed method reduces the dataset size by 26%, making it computationally efficient. These findings can be used as a guide for selecting the appropriate frame selection algorithm for HAR tasks.

REFERENCES

1. **Saleem G., Bajwa U.I. & Raza R.H.** Toward human activity recognition: a survey // *Neural Comput & Applic.*- 2023.- 35.- P. 4145–4182.
2. **Wang J., Chen Y., Hao S., Peng, X. & Hu, L.** Deep learning for sensor-based activity recognition: A survey // *Pattern recognition letters.*- 2019.- Vol. 119.- P. 3-11.
3. **Ronao C.A. & Cho S.B.** Human activity recognition with smartphone sensors using deep learning neural networks // *Expert systems with applications.*- 2016.- Vol 59.- P. 235-244.
4. **Dahou A., Al-qaness M.A., Abd Elaziz M. & Helmi, A.** Human activity recognition in IoHT applications using arithmetic optimization algorithm and deep learning // *Measurement.*- 2022.- Vol 199.
5. **Soomro K., Zamir, A.R. & Shah M.** UCF101: A dataset of 101 human actions classes from videos in the wild.- 2012.
6. **Wang L., Qiao Y., & Tang X.** Action recognition with trajectory-pooled deep-convolutional descriptors // *In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition.*- 2015.- P. 4305-4314.
7. **Zhang D., Dai X. & Wang Y.F.** Dynamic temporal pyramid network: A closer look at multi-scale modeling for activity detection // *Springer International Publishing.*- 2019.- P. 712-728.
8. **Rangineni V. & Perera A.G.** Effect of frame rate on visual attention in immersive environments // *In 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR).*- 2019.- P. 821-822.
9. **Sáez-Trigueros D., Espinosa A. & García-Sánchez F.** Importance of frame rate in image processing: a review // *Journal of Real-Time Image Processing.*- 2021.- Vol 18(3).-P. 685-701.

10. A closer look at spatiotemporal convolutions for action recognition / **D. Tran, H. Wang, L. Torresani, J. Ray, et al** // In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.-2018.- P. 6450-6459.
11. Active label cleaning for improved dataset quality under resource constraints / **M. Bernhardt, D.C. Castro, R.Tanno, A. Schwaighofer, et al** // Nature communications.- 2022.- Vol. 13(1).- P. 1161.
12. Toward improved urban earthquake monitoring through deep-learning-based noise suppression/ **L.Yang, X. Liu, W. Zhu, et al** // Science advances.- 2022.-Vol. 8(15).
13. **Mangai P., Geetha M.K., Kumaravelan G.** An Efficient Key Frame Extraction from Surveillance Videos for Real-World Anomaly Detection / J.IZ. Chen, J.M.R.S.Tavares, Shi, F. (Eds) // Third International Conference on Image Processing and Capsule Networks.-2022.
14. **Zeppelzauer M., Horsak B. & Paletta L.** Recognizing Emotions in Sign Language Videos with Temporal Convolutions// IEEE Transactions on Affective Computing.- 2019.-Vol. 10(1).-P. 80-94.
15. **Abbas H., Hussain A. & Shah S.A.A.** A Novel Frame Difference-Based Approach for Video Summarization // IEEE Access.- 2019.- 7.- P. 171847-171857.
16. Video Summarization Based on Temporal and Spatial Frame Difference/ **X. Zhang, J. Zhu, et al** // IEEE Access.- 2019.- 7.- P. 83796-83804.
17. **Sen Sharma A., Ahmed Mridul M., Jannat M. -E., and Saiful Islam M.** A Deep CNN Model for Student Learning Pedagogy Detection Data Collection Using OCR // 2018 International Conference on Bangla Speech and Language Processing (ICBSLP).-Sylhet, Bangladesh, 2018.- P. 1-6,
18. **Meehan Y., McShane K., McClay S.** Utilising OpenCV with Tesseract to extract Bill of Materials (BOM) from Isometric Drawings // In 2021 32nd Irish Signals and Systems Conference (ISSC).- 2021.-P. 1-6.
19. **Telicko Z., Vidulejs J., Jakovics A.** A monitoring system for evaluation of COVID-19 infection risk // Journal of Physics: Conference Series.-2021.- Vol. 2069, No. 1.- P. 12192.

National Polytechnic University of Armenia. The materials is received on 05.05.2023.

Դ.Մ. ԳԱԼՍՏՅԱՆ Է.Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Կ.Հ. ՆԻԿՈՂՈՍՅԱՆ

ՄԱՐԴԿԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՃԱՆԱԶՈՒՄ՝ ԽՈՐ CONV-LSTM ՀԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ՃՇԳՐՏՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐԵԼԱՎՈՒՄ ԱՂՍՈՒԿԻ ՄԱՔՐՄԱՆ ՄԻՋՈՑՈՎ՝ ՆԱԽՔԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԿԱԴՐԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Մարդկային գործողությունների ճանաչումն ունի բազմաթիվ գործնական կիրառություններ, որոնք կարող են լուծել խնդիրներ և բարձրացնել արդյունավետությունն ու կենսամակարդակը տարբեր ոլորտներում: Տեսանյութերից մարդու գործողությունների ճանաչման առաջադրանքը լուծելու համար օգտագործվել են խոր Conv-LSTM մոդելի ճարտարապետությունը և UCF101 տվյալների հավաքածուն: Շրջանակների նախնական մշակման համար առաջարկվել է մեթոդ, որն ինտեգրում է երկու ալգորիթմ՝ ադմոնկի մաքրման և տարբերությունների վրա հիմնված հիմնական կադրերի ընտրության (ՀԿԸ): Այս ալգորիթմների համահունչ և արդյունավետ կիրառմամբ՝ պատկերի որակը բարելավվել է, և անցանկալի տվյալները վերացվել են: Միատեսակ կադրերի ընտրությունը, տարբերությունների վրա հիմնված ՀՖԸ-ը և առաջարկվող ալգորիթմը գնահատվել են, և դրանց կատարումը համեմատվել է ճշգրտության և տվյալների չափի կրճատման հիման վրա: Արդյունքները

ցույց են տալիս, որ տարբերությունների վրա հիմնված ՀԿԸ ալգորիթմը գերազանցում է միատեսակ կադրերի ընտրության ալգորիթմը 2%-ով, իսկ առաջարկվող մեթոդը ցույց է տալիս ճշգրտության համապատասխանաբար 3% և 5% բարելավում՝ առաջին երկու ալգորիթմների համեմատ: Ավելին, առաջարկվող ալգորիթմը նվազեցնում է տվյալների չափը 26%-ով՝ այն դարձնելով հաշվելիության տեսանկյունից արդյունավետ:

Առանցքային բառեր. խոր ուսուցում, խոր conv-lstm ճարտարապետություն, տվյալների նախնական մշակում, աղմուկի մաքրում, հիմնական կադրերի ընտրություն:

Д.М. ГАЛСТЯН, Э.А. АРУТЮНЯН, К.Г. НИКОГОСЯН

РАСПОЗНАВАНИЕ ДЕЙСТВИЙ ЧЕЛОВЕКА: ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ АРХИТЕКТУРЫ ГЛУБОКОЙ CONV-LSTM ЗА СЧЕТ ОЧИСТКИ ШУМА ПЕРЕД ВЫБОРОМ КЛЮЧЕВЫХ КАДРОВ

Определение действий человека имеет множество практических применений, которые могут решать проблемы и повышать эффективность и уровень жизни в различных областях. Для решения задачи распознавания действий человека по видео в наборе данных UCF101 использовалась архитектура модели Deep Conv-LSTM. Для предварительной обработки кадров предложен метод, объединяющий два алгоритма: очистку от шума и выбор ключевого кадра на основе различий. Благодаря последовательному и эффективному использованию этих алгоритмов качество изображения было улучшено, а нежелательные данные удалены. Оценены унифицированный выбор кадров, KFS на основе несходства и предложенный алгоритм, их производительность сравнена на основе точности и уменьшения размера данных. Результаты показывают, что алгоритм KFS на основе различий превосходит алгоритм выбора унифицированных кадров по точности на 2%, а предлагаемый метод показывает повышение точности соответственно на 3% и 5% по сравнению с первыми двумя алгоритмами. Кроме того, предлагаемый алгоритм уменьшает размер данных на 26%, что делает его вычислительно эффективным.

Ключевые слова: глубокое обучение, архитектура глубокой conv-lstm, предварительная обработка данных, очистка шума, выбор ключевых кадров.

UDC 004.832

COMPUTER SCIENCE AND
INFORMATICS

DOI: 10.53297/0002306X-2023.v76.2-210

L.K. ANDREASYAN

**A METHOD FOR ASSESSING THE RISK OF DEVELOPMENT OF
DISEASE COMPLICATIONS WITH METABOLIC SYNDROME BASED
ON THE CUMULATIVE DISTRIBUTION FUNCTION**

It is relevant to assess the risks of related diseases based on the electronic data of patients in order to prevent the progress of further complications of metabolic syndrome (MS). This article describes the Archimedean copula-based method of assessing the risks of developing related diseases based on diagnosis and risk factors associated with complications and readmissions.

Keywords: metabolic syndrome, etiological model, logistic regression, Archimedean copula functions, cumulative distribution functions.

Introduction. According to medical guidelines, the primary prevention of diseases is the prevention of the development of a new disease, secondary prevention is the prevention of complications arising from an already started disease, and tertiary prevention is the reduction of the impact of an ongoing disease [1]. Disease diagnosis by doctors are traditionally made based on the results of diagnostic tests and medical research at the same time based on their own knowledge and experience, and as a rule, no assessment of the development of complications is made.

In order to prevent complications, different types of systems and methods have been created that model the risk processes to evaluate the progression of disease complications and their impact. Among the well-known systems are APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health conditions score), SOFA (Sequential Organ Failure Assessment), Multiple Organ Dysfunction Score (MODS) expert-based systems, and disease progression (dynamics) assessment systems based on complication development modeling and probability methods [2-4]. The main disadvantages of the above-mentioned systems are the problems associated with the processing of incomplete medical data and the high approximation of the modeling result indicators. For middle-aged patients, 5- or 10-year disease risks are often calculated using the Weibull model [5, 6], but if the risk function takes the form of a more complex curve, the Weibull distribution leads to implausible predictions [3]. Charlson (17 categories) and Elixhauser (30 categories) evaluation

indices are among the well-known comorbidity risk assessment methods [7]. Although the Elixhauser index showed a better risk assessment result than the Charlson index, they are also approximations, as these indices were originally designed to assess the survival risks, not to predict the risks of developing a particular disease [7, 8].

For risk assessment, the correlation analysis method is used to reveal the existence of a linear relationship between random variables - the Pearson method is most often used to calculate correlation coefficients. However, if there is a strong non-linear relationship between two variables, the correlation analysis method may underestimate the true strength of the relationship [9]. In the presented method, multivariate functions of the cumulative distribution of connectivity were used to identify non-linear relationships between random variables and to determine the strength of the relationship for risk assessment [10].

The purpose of the article is to investigate the nonlinear relationships between the risk factors contributing to the development of metabolic syndrome complications and readmissions based on electronic patient data, and to develop a risk assessment method for predicting such complications using machine learning supervised classification logistic regression algorithm and Archimedean cumulative multivariate distribution functions. In this regard, the following research and development should be done:

1. To separate diseases related to MS according to the international system of classification of diseases ICD-09-CM/ICD-10-CM (International Classification of Diseases, Ninth or Tenth Revision, Clinical Modification) [11, 12].
2. To select the risk factors that contribute to the development of complications of MS diseases based on current medical guidelines [13, 14].
3. To evaluate the risks of the development of comorbidity complications using Archimedean cumulative multivariate distribution functions.

Disease complications, risk factors, and the etiological model. According to medical guidelines, there are several types of complications, the main ones being:

- a) Comorbidity - a complication caused by the presence of diseases related to the given disease.
- b) Multimorbidity - a complication caused by the presence of different types of diseases.

The main difference between the aforementioned complications is that in the case of comorbidity disease, the primary disease is distinguished from the related diseases, which is the primary focus of attention from the point of view of treatment. In the case of multimorbidity disease, the accompanying diseases are not superior to each other. According to medical research, risk factors can be internal,

pathos-physiological (genetic), external, environmental, behavioral, and social. These factors are further divided into modifiable and invariable risk factors. Modifiable risk factors are factors that can be modified by certain interventions, such as behavioral or lifestyle changes, medical procedures, or pharmaceutical treatments. Invariable risk factors include genetics, e.g. family history of cardiovascular disease or diabetes. To predict the progression of disease complications, it is necessary to take into account the influence of both modifiable and invariable risk factors.

The features of the etiological model of the development of disease complications were compared for the risk assessment and complication development model. According to Valderas and others [15], the etiological model of the development of diseases can basically be represented by several schemas (Fig. 1). In the etiological model, diseases are considered to be directly related when one causes the other, e.g. diabetes can cause cataracts, or when diseases are caused by a direct link between risks, e.g. heavy smoking and drinking causes cirrhosis of the liver or lung cancer. Another possibility is that there is no direct relationship between the risks in which case each may cause the same disease, e.g. smoking and age both may contribute to coronary heart disease, lung cancer, or type 2 diabetes mellitus (T2DM) (Fig. 1).

In the etiological model, the cause-and-effect relationships of the occurrence of diseases is presented. This is necessary to consider but not sufficient for risk assessment.

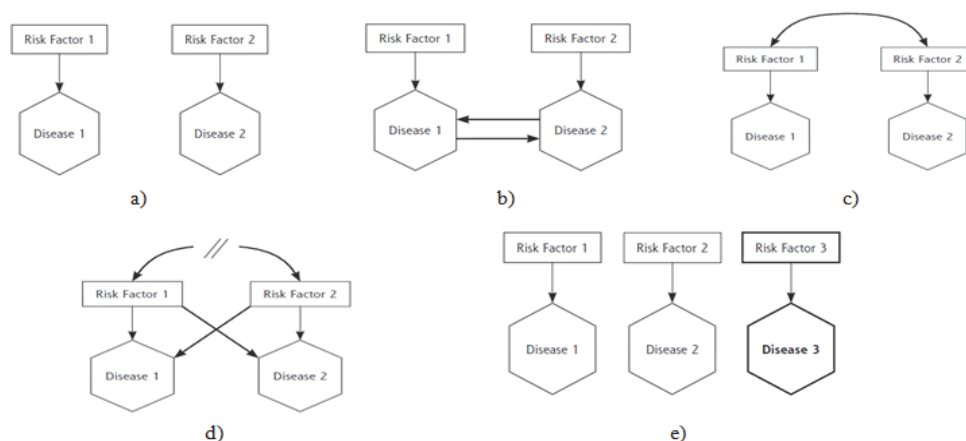


Fig.1. The etiological model of disease development. a - diseases caused independently of each other, b - directly related diseases, c - diseases caused by a direct connection between risks, d - independent risks can cause the same diseases, e - the presence of diseases is explained by the presence of another disease

ICD codes and MS description. ICDs are disease classification code schemes that describe diseases and their causes. These codes include two types of information: the name of the disease and the variants of the diseases caused by them, for example, in the codes E11.311, E11.319 and E11.341 in the ICD-10-CM version, E11 refers to T2DM disease, and 311, 319 and 341 codes are the different manifestations of retinopathy caused by that disease [11].

Metabolic syndrome is the combination of two or more metabolic disorders, increased insulin levels in the blood, presence of high-density lipoprotein cholesterol, thrombogenesis tendencies, arterial hypertension, and obesity [13, 14]. MS increases the risk of various cardiovascular diseases and T2DM. Although there is a lot of data on MS diseases based on which diagnoses are made, the existing forms of treatment often do not stop the development of disease complications as the manifestations of these diseases are heterogeneous from the point of view of clinical presentation. Therefore, it is relevant to assess the risks of developing complications in order to improve MS disease treatments.

A copula functions. According to Sklar's theorem, copulas are functions that combine multivariate distribution functions with their univariate marginal distribution functions. The copula-based approach makes it possible to separate the marginal distributions and estimate the dependence between them, if they are known [16]. The advantages of the copula method are:

- the ability to model non-linear dependence;
- the marginal distribution can be any univariate distribution;
- if the marginal distributions are fixed and the number of parameters to be estimated is the same, choosing the copula with the smallest information criterion is equivalent to choosing the copula with the largest log-likelihood value;
- the mathematical structure of the copula method is such that it allows one to easily add additional marginal distributions.

The use of copula makes it possible to transform random variables through their cumulative distributions into uniformly distributed variables, to characterize the dependence of a set of random variables, regardless of the marginal distributions:

$$C(u_1, \dots, u_d) = P(U_1 \leq u_1, \dots, U_d \leq u_d), \quad (1)$$

where $U_i \sim U(0, 1)$ $i = 1, \dots, d$ random variables with uniform distributions are obtained by applying the integral transformation of the probability to each of the marginals $F_1(x), \dots, F_d(x)$, so that $U_1 = F_1(X), \dots, U_d = F_d(X)$. Given $X_1, \dots, X_d$ for random variables with joint probability distribution H and marginal distribution functions $F_i(x)$ ($i = 1, \dots, d$) the copula function C is defined by the following formula:

$$C(u_1, \dots, u_d) = H[F_1^{-1}(u_1), \dots, F_d^{-1}(u_d)] \quad (2)$$

of the copula function C and $F_1(x), \dots, F_d(x)$ for arbitrary distribution functions, the function H is defined as:

$$H(X_1, \dots, X_d) = C[F_1(x), \dots, F_d(x)]. \quad (3)$$

Copula functions belonging to the class of Archimedean family are presented by the following formula:

$$C(u_1, \dots, u_d; \theta) = \psi^{[-1]}(\psi(u_1; \theta) + \dots + \psi(u_d; \theta); \theta), \quad (4)$$

where ψ is the generator function and $\psi^{[-1]}$ is its inverse, $\theta \in \Theta$ is the set of parameters (Fig. 2).

Archimedean family		$\varphi(t)$
AMH	$u_1 u_2 \{1 - \theta(1 - u_1)(1 - u_2)\}^{-1}$	$\log \left\{ \frac{1 - \theta(1 - t)}{t} \right\}$
Clayton	$(u_1^{-\theta} + u_2^{-\theta} - 1)^{-1/\theta}$	$\theta^{-1} (t^{-\theta} - 1)$
Frank	$-\theta^{-1} \log \left\{ 1 + \frac{(e^{-\theta u_1} - 1)(e^{-\theta u_2} - 1)}{(e^{-\theta} - 1)} \right\}$	$-\log \left(\frac{e^{-\theta t} - 1}{e^{-\theta} - 1} \right)$
Gumbel	$\exp \left[- \{ (-\log u_1)^\theta + (-\log u_2)^\theta \}^{1/\theta} \right]$	$\{-\log(t)\}^\theta$
Joe	$1 - \{ (\tilde{u}_1)^\theta + (\tilde{u}_2)^\theta - (\tilde{u}_1 \tilde{u}_2)^\theta \}^{1/\theta}$	$-\log \{ 1 - (1 - t)^\theta \}$

Fig.2. Archimedean copula functions

For Archimedean copula functions, the strength of dependence through the parameter θ in the interval $[-1, 1]$ is determined using the Kendall's τ correlation coefficient by the following formula:

$$\tau = 1 + 4 \int \psi(t)/\psi'(t) dt. \quad (5)$$

The closer the value of the coefficient is to 1 (or -1), the greater is the positive (negative) dependence, and on the contrary, a value close to 0 means a weak dependence, equal to 0, no dependence.

The Archimedean copula functions are symmetric or asymmetric, depending on the direction of the tail dependence force. The Frank copula is a symmetric function and is used to present the weak dependences between the tails. Clayton and Gumbel are asymmetric functions. The former is used to present the negative, and the latter the positive tail dependences [10, 16].

Copula-based method description. The copula-based method includes 3 stages:

1. Creation of individual trajectory vectors based on electronic data and the grouping by main disease.

2. Development of dependency models between diseases to evaluate marginal distributions using logistic regression.

3. Based on the obtained results, the calculation of the marginal and joint distributions and the assessment of the development risks of the complications of the MS disease using the Frank Archimedean copula function.

Stage 1 – the formation of groups by the main disease. The individual trajectory-vector of the disease is compiled on the basis of diagnoses with ICD codes, related diseases, and the time interval of their diagnosis. The health trajectory can be represented as a graph where the nodes (vertices) represent the disease and the edges between two nodes indicate that the two diseases occurred at time t . If P is the set of m patients: $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$, then for each P_i patient at time t we can construct a graph G_i with (V, E) nodes, where V is the vertices, and E is the edges connecting 2 vertices (Fig. 3), so that:

$$V = \{v \in D, 1 \leq i \leq n, 1 \leq |V| \leq k\}, \quad (6)$$

$$E = \{(v_1, v_2) \mid v_1 \in d_i, v_2 \in d_j, 1 \leq i \leq j, v_1 \neq v_2, \text{ if } i = j\}. \quad (7)$$

In (6), n is the overall number of possible diseases, k is the number of comorbidities present at time t , 1 means the patient has no comorbidities at time t , and the edges between two nodes (7) indicate that those diseases have occurred. Each V vertex (node) of the G_i graph is the diagnoses with ICD codes from the set of diseases $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, to which related diseases are connected at the moment t . The first diagnosis is considered the main disease. Then, based on trajectory vectors with similar histories the graphs are grouped according to the main disease (Fig. 3).

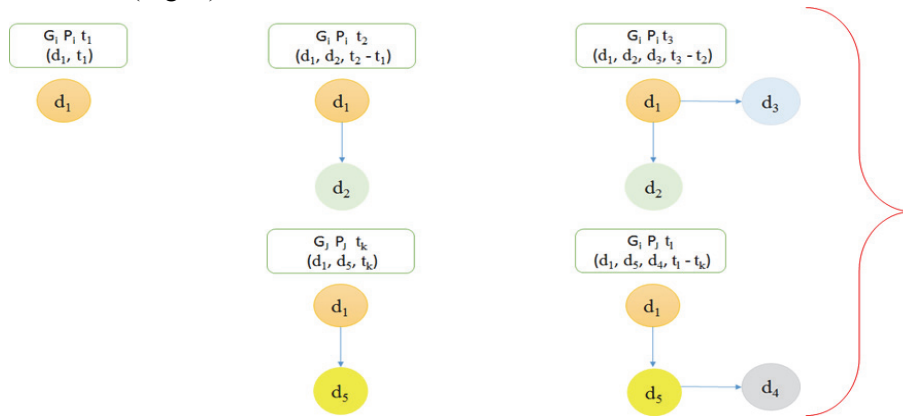


Fig.3. The process of generating and grouping the G_i and G_j graphs by establishing a relationship between related diseases with the main disease d_1 based on patient data P_i and P_j

Stage 2 – logistic regression modeling. Multivariate logistic regression models of the development of each disease were constructed, one for each disease to estimate its marginal distribution [17,18]. In logistic regression, we have a logistic function (also called the sigmoid) that predicts two values ($Y = 0$ or $Y = 1$) [19]. A logistic function curve shows a probability, for example, whether or not the risks of disease complications are present. We want to model $P(Y = 1)$ in terms of a set of predictor variables $x_1, \dots, x_n$, then the multivariate logistic regression equation on the probability scale may be written:

$$P(Y = 1) = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n) / 1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n), \quad (8)$$

where the β_i coefficients are the model's learned weights, and β_0 is the bias.

The marginal distribution describes the probability of acquiring a disease regardless of the presence of another disease. Then, the disease-free groups were separated, for which the logistic regression model was built by combining the risk factors. The MLE (Maximum Likelihood Estimation) method was used to estimate the β_i coefficients of the logistic regression:

$$P(Y = 1|X) = \frac{1}{1 + e^{-xT\beta_i}}, \quad (9)$$

where input data $x_i \in X$ represents the feature vector for the i^{th} samples and the output is denoted by Y . The logistic regression model expresses the relationship between $y_i \in Y$ and x_i in terms of the conditional probability $P(Y = 1|X)$ of risks of developing disease complications.

Stage 3 – using the copula function. In order to assess the risks of related diseases, it is necessary to find the joint distributions of random variables, which are all the possible distributions of the patient's disease manifestation. We assign 1 if the patient acquires a disease in a certain period of time, and 0 otherwise. Then, the joint distributions of the probability of acquiring two diseases in a certain time interval will be $P(0,0)$, $P(0,1)$, $P(1,0)$, $P(1,1)$. Marginal probability is the sum of all possible values of joint distributions. Using this logic, the joint distributions of the probability of acquiring two or more diseases can be calculated. Based on the definition of the copula function (2) and the formula for the joint density distributions for the variables $x_1, \dots, x_n$ which is expressed as follows:

$$f(x_1, \dots, x_n) = f(x_n) f(x_{n-1}|x_n) f(x_{n-2}|x_{n-1}, x_2) \dots f(x_1|x_2, \dots, x_n) \quad (10)$$

in the case of $n = 3$, the function will look as follows:

$$f(x_1|x_2, x_3) = c_{13|2}(F_{1|2}(x_1|x_2), F_{3|2}(x_3|x_2)) f(x_1|x_2), \quad (11)$$

$$f(x_1|x_2, x_3) = c_{13|2}(F_{1|2}(x_1|x_2), F_{3|2}(x_3|x_2)) c_{12}(F_1(x_1), F_2(x_2)) f_1(x_1). \quad (12)$$

The symmetric Frank Archimedean function will be used as a copula in (12), and the numerical maximum likelihood estimation (MLE) method will be used to determine its parameters:

$$L(x,y, \Theta) = \sum \log c(x_i, y_i, \Theta), \text{ where } i \in [0, n]. \quad (13)$$

Healthcare data. The research is based on online available diabetic and heart disease datasets from UCI [20, 21]. The diabetic disease dataset is collected from 1999 to 2008. It includes 55 features. The heart disease dataset includes 76 features. The chosen variables are:

- Gender (1-male, 0-female); weight (BMI), age.
- The results of laboratory tests: total cholesterol (TCL), HAlc, Blood Pressure indicators, the amount of glucose in the blood.
- Number of diagnosis and diagnosis in ICD-9-CM format (presence of related diseases -1 for each existing disease and 0 otherwise).
- Harmful habits: smoking.

The following data preparations were completed:

- Insignificant missing data and outliers were ignored, and the rest were replaced by the average value or median.
- Duplicate data were merged.
- Patients with 3 or more related diseases were not included for secondary prevention.
- The data were normalized by the min-max normalization technique (Table 1), minimum and maximum value from data is fetched and each value is replaced according to the following formula:

$$\frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}. \quad (14)$$

Table 1

The data AGE after normalization

AGE	min.max
44	0.421
41	0.342
65	0.974

Demographic, behavioral, biomedical factors were considered as risk factors.

Results. According to the presented three-stage method, the groups of patients with T2DM (type 2 diabetes mellitus), HD (hypertension disease) and CHF (congestive heart failure) as the main disease were distinguished in our dataset. Then, a pair-by-pair analysis of the dependence between these diseases was performed. Given

the risk factors, logistic regression models were constructed to calculate marginal distributions to estimate the risks of developing these related diseases in groups that do not have them (Fig. 4).

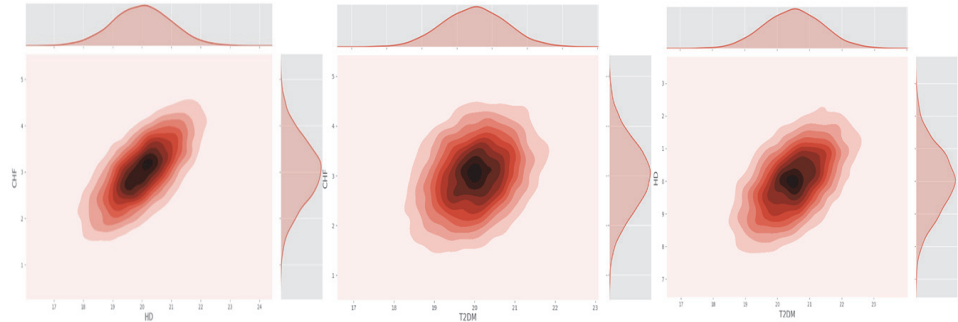


Fig.4. The joint and marginal distributions between CHF- HD, CHF-T2DM, HD-T2DM disease by sequence

Table 2

Disease dependence

Diseases	T2DM	HD	CHF
T2DM	1	1.57	1.33
HD	1.57	1	1.92
CHF	1.33	1.92	1

Based on the output of those models, the results were combined using the Frank copula function to capture their codependency. The results of the parameter Θ were calculated. The higher the positive value, the greater the occurrence of two diseases at the same time. The results of the Θ parameter, which can be seen in Table 2, are positive and show that the greatest dependence was the higher the positive value, the greater the occurrence of two recorded between HD and CHF diseases (Fig. 5).

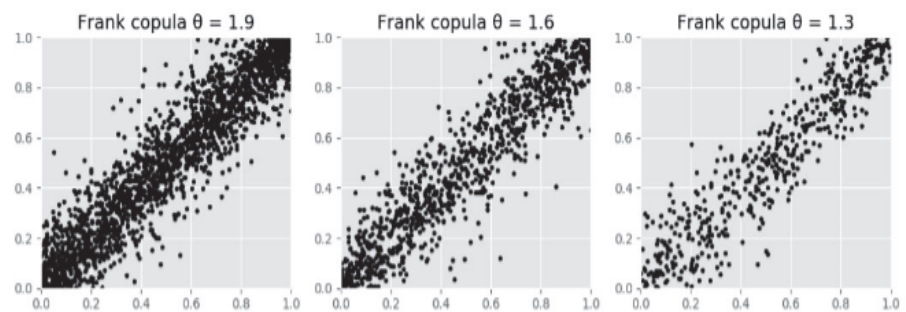


Fig.5. The bivariate Frank copula for values of θ

Receiver Operating Characteristic (ROC) curves are plotted for each model (Fig. 6). The Area Under the Curve (AUC) (0.875, 0.863, 0.852) shows that the models discriminated very well.

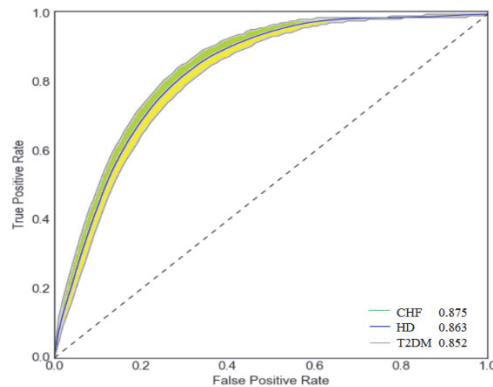


Fig.6. ROC curves and AUC for each model

Conclusion. The copula-based method evaluates the risks of developing complications of MS using Archimedean multivariate distribution functions. Because the copula function is independent of marginal distributions, it captures the dependence between random variables by connecting the marginal distributions with each other, and the "shape" of the resulting tail indicates the degree of dependence. By combining the marginal distributions with the joint distributions using the Frank copula function, the risks of developing the diseases with the highest degree of complexity were estimated for the disease-free groups. The presented method will be integrated in a multi-functional medical decision-making support system to automate risk assessment. The goal is to enable doctors to obtain data on the risks of developing related diseases.

REFERENCES

1. **Available:** <https://www.iwh.on.ca/what-researchers-mean-by/primary-secondary-and-tertiary-prevention>.
2. **Subbe C., Kruger M., Rutherford P., Gemmel I.** Validation of a modified early warning score in medical admission. - 2001. - Vol. 94, no. 10. - P. 521-526.
3. **Knaus W., Draper E., Wagner D., Zimmerman J.** APACHE II: as everity of disease classification system // Critical care medicine. - 1985. - 13(10). - P. 818-829.
4. Predictive risk algorithms in a population setting: an overview / **D. Manuel, L. Rosella, D. Hennessy, et al** // J Epidemiol Community Healt. - 2012. -66.-P. 859-865.
5. Rule Extraction from Support Vector Machines Using Ensemble Learning Approach: An Application for Diagnosis of Diabetes / **L. Han, S. Luo, et al** // IEEE, J-BHI. - 2015. - 19(2). - P. 728-734.

6. A machine learning-based framework to identify type 2 diabetes through electronic health records / **T. Zheng, et al** // Elsevier, IJMI. - 2016.
7. **Available:** <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3818341/>
8. **Available:** <http://mchp-appserv.cpe.umanitoba.ca/concept/Elixhauser%20Comorbidities%20-%20Coding%20Algorithms%20for%20ICD-9-CM%20and%20ICD-10.pdf#View=Fit>.
9. **Rebekić A., Lonević Z., Petrović S., Marić S.** Pearson's or Spearman's Correlation Coefficient - Which One to Use? // Poljoprivreda (Osijek). -2015. - 21(2). - P. 47-54.
10. **Available:** <https://github.com/sdv-dev/Copulas>
11. **Available:** <https://www.cdc.gov/nchs/icd/icd9cm.htm>
12. **Available:** <https://www.icd10data.com/ICD10CM/Codes/E00-E89/E08-E13/E11->
13. American Diabetes Association. **Available:** <https://www.diabetes.org/>
14. American Association of Clinical Endocrinologists and the American College of Endocrinology. **Available:** https://care.diabetesjournals.org/content/32/suppl_2/S151
15. Defining Comorbidity: Implications for Understanding Health and Health Services / **J. Valderas, et al** // The Annals of Family Medicine. - 2009.
16. **Nelson R.** An Introduction to Copulas.- Springer-Verlag, New York, Inc. - 1999.
17. **Agresti A., Kateri M.** Foundations of Statistics for Data Scientists: With R and Python. Python-Web-Appendix of Foundations of Statistics for Data Scientists // Chapman and Hall / CRC. - 2022. - P. 15-21.
18. **Genest C., Nikoloulopoulos A.K., Rivest L-P., Fortin M.** Predicting dependent binary outcomes through logistic regressions and meta-elliptical copulas // Brazilian J Probab Stat. - 2013. - 27(3). - P. 265-284.
19. **Available:** https://www.cantab.net/users/filimon/cursoFCDEF/will/logistic_reg.pdf.
20. **Available:** <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Diabetes+130-US+hospitals+for+years+1999-2008>.
21. **Available:** <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Heart+Disease>.

National Polytechnic University of Armenia. The material is received on 27.10.2022.

Լ.Կ. ԱՆԴՐԵԱՍՅԱՆ

ՄԵՏԱԲՈԼԻԿ ՀԱՄԱԽՏԱՆԻՇՈՎ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԲԱՐԴՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՌԻՍԿԻ ԿՈՒՄՈՒԼՅԱՏԻՎ ԲԱՇԽՄԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՅԻ ՀԵՆՔՈՎ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴԸ

Արդիական է կանխել մետաբոլիկ համախտանիշով (ՄՀ) հիվանդությունների հետագա բարդությունների զարգացումը՝ գնահատելով հիվանդների էլեկտրոնային տվյալների հիման վրա հարակից հիվանդությունների ռիսկերը: Նկարագրվում է ՄՀ ունեցող հիվանդների ախտորոշումների և ռիսկի գործոնների հիման վրա բարդությունների ու հետհոսպիտալացման հետ կապված հարակից հիվանդությունների զարգացման ռիսկերի գնահատման Արքիմեդյան կոպուլաիդներով մեթոդը:

Առանցքային բառեր. մետաբոլիկ համախտանիշ, էթիոլոգիական մոդել, լոգիստիկ ռեգրեսիա, Արքիմեդյան կոպուլա ֆունկցիաներ, կոմուլյատիվ բաշխման ֆունկցիա:

Л.К. АНДРЕАСЯН

**МЕТОД ОЦЕНКИ РИСКА РАЗВИТИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ
ЗАБОЛЕВАНИЙ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ НА ОСНОВЕ
КУМУЛЯТИВНОЙ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

Показана актуальность оценки рисков сопутствующих заболеваний на основании электронных данных пациентов с целью предупреждения прогрессирования дальнейших осложнений метаболического синдрома (МС). Описан метод оценки рисков развития сопутствующих заболеваний на основании диагнозов и факторов риска, связанных с осложнениями и повторными госпитализациями у больных МС на основе Архимедовы копулы.

Ключевые слова: метаболический синдром, этиологическая модель, логистическая регрессия, функции Архимедовы копулы, кумулятивная функция распределения.

С.О. СИМОНЯН, К.А. ТОРЧЯН

**ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО МЕТОДА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБОБЩЕННЫХ
ОБРАТНЫХ МАТРИЦ В СИНГУЛЯРНОМ СЛУЧАЕ**

Рассмотрены прикладные аспекты универсального метода определения однопараметрических обобщенных обратных матриц в сингулярном случае. Решением модельного примера показана эффективность соответствующих рекуррентных вычислительных схем.

Ключевые слова: однопараметрические обобщенные обратные матрицы, сингулярный случай, дифференциальные преобразования, рекуррентные вычислительные схемы, средства современных информационных технологий.

Введение. В настоящее время всемирные информационные технологии по сравнению с другими сферами проявляют темпы перманентного ускоренного развития, что даёт возможность в самых различных областях человеческой деятельности применять совершенно новые подходы для эффективного решения встречающихся в них задач. Однопараметрические матрицы, их обратные и обобщённые обратные матрицы достаточно часто используются в различных научных исследованиях, прикладных задачах и др.

Известно достаточно большое количество методов для определения обратных и обобщённых обратных числовых матриц [1-5] и др. При определении аналогичных матриц для однопараметрических матриц наблюдается большое отставание. Этот пробел определенным образом заполняет работа [6], в которой разработаны: итерационные методы – Д-аналоги методов Гревилля, блочного разбиения, Грамма-Шмидта, Жордана-Гаусса, сингулярного разложения; прямые методы – Д-аналоги простейшего метода, определения матриц $A^1(t)$ и $A^2(t)$, универсального метода, определения квадратных однопараметрических обобщённых обратных матриц, Д-аналог $L(t) \cdot U(t)$ – разложения, параллельные вычислительные методы; декомпозиционные методы – Д-аналоги простейшего метода, четырех условий Мура-Пенроуза, а также универсального метода.

Для всех этих методов основным математическим аппаратом послужили дифференциальные преобразования Г.Е. Пухова [7]. К тому же при разработке

Д-аналога универсального метода предполагалось, что для однопараметрической матрицы $A(t)_{m \times n}$ имеют место известные условия [6]:

$$A^+(t) = [A^T(t) \cdot A(t)]^{-1} \cdot A^T(t), \text{ если } m > n, \text{ rang } A(t)_{m \times n} = n, \quad (1)$$

$$A^+(t) = A^T(t) \cdot [A(t) \cdot A^T(t)]^{-1}, \text{ если } m < n, \text{ rang } A(t)_{m \times n} = m, \quad (2)$$

или

$$A^T(t) \cdot A(t) \cdot A^+(t) = A^T(t), \text{ если } m > n, \text{ rang } A(t)_{m \times n} = n, \quad (3)$$

$$A^+(t) \cdot A(t) \cdot A^T(t) = A^T(t), \text{ если } m < n, \text{ rang } A(t)_{m \times n} = m, \quad (4)$$

конечно, при предположении, что существуют матрицы

$$B_1^{-1}(t)_{n \times n} = [A^T(t) \cdot A(t)]^{-1}, \text{ если } m > n, \text{ rang } [A^T(t) \cdot A(t)] = n, \quad (5)$$

$$C_1^{-1}(t)_{m \times m} = [A(t) \cdot A^T(t)]^{-1}, \text{ если } m < n, \text{ rang } [A(t) \cdot A^T(t)] = m \quad (6)$$

соответственно. Следовательно, с учетом (5), (6) из (3), (4) получим

$$B_1(t) \cdot A^+(t) = A^T(t), \text{ если } m > n, \text{ rang } [A^T(t) \cdot A(t)] = n, \quad (7)$$

$$A^+(t) \cdot C_1(t) = A^T(t), \text{ если } m < n, \text{ rang } [A(t) \cdot A^T(t)] = m. \quad (8)$$

Решения модельных примеров с использованием Д-аналогов представлений (7), (8) подтвердили эффективность соответствующих рекуррентных вычислительных схем [6].

В этой работе были представлены также рекуррентные вычислительные схемы при несуществовании условий (5), (6), вместо которых были использованы условия

$$B_2^+(t)_{n \times n} = [A^T(t) \cdot A(t)]^+, \text{ если } m > n, \text{ rang } [A^T(t) \cdot A(t)] < n, \quad (9)$$

$$C_2^+(t)_{m \times m} = [A(t) \cdot A^T(t)]^+, \text{ если } m < n, \text{ rang } [A(t) \cdot A^T(t)] < m, \quad (10)$$

однако прикладные аспекты соответствующих Д-аналогов не были рассмотрены. Настоящая работа посвящена исследованию этих вопросов решением одного модельного примера с учетом того, что при условиях (9), (10) соотношения, аналогичные (7), (8), принимают вид

$$B_2(t) \cdot A^+(t) = A^T(t), \text{ если } m > n, \text{ rang } [A^T(t) \cdot A(t)] < n, \quad (11)$$

$$A^+(t) \cdot C_2(t) = A^T(t), \text{ если } m < n, \text{ rang}[A(t) \cdot A^T(t)] < m. \quad (12)$$

Математический аппарат. Теперь, в соответствии с работой [7] предположим, что для матрицы $A(t)$ с аналитическими элементами имеют место дифференциальные преобразования

$$A(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \frac{d^K A(t)}{dt^K} \Big|_{t=t_v}, \quad K = \overline{0, \infty} \quad \cdot \quad A(t) = \chi_1(t, t_v, H, A(K), \quad K = \overline{0, \infty}), \quad (13)$$

где $A(K)$ - матричные дискреты матрицы $A(t)$; $K = \overline{0, \infty}$ - целочисленный аргумент; H - масштабный коэффициент; t_v - центр аппроксимации; символ $\cdot$ - знак перехода из области оригиналов в область дифференциальных изображений и наоборот; $\chi_1(\bullet)$ - некоторая аппроксимирующая функция, восстанавливающая оригинал $A(t)$.

Очевидно, что в соответствии с (9), (10) при (13) будут иметь место и дифференциальные преобразования

$$B_2(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \frac{d^K B_2(t)}{dt^K} \Big|_{t=t_v}, \quad K = \overline{0, \infty} \quad \cdot \quad B_2(t) = \chi_2(t, t_v, H, B_2(K), \quad K = \overline{0, \infty}), \quad (14)$$

$$C_2(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \frac{d^K C_2(t)}{dt^K} \Big|_{t=t_v}, \quad K = \overline{0, \infty} \quad \cdot \quad C_2(t) = \chi_3(t, t_v, H, C_2(K), \quad K = \overline{0, \infty}). \quad (15)$$

Теперь, обозначив $A^+(t) \equiv z(t)$, из (11), (12) получим

$$B_2(t) \cdot z(t) = A^T(t), \text{ если } m > n, \quad (16)$$

$$z(t) \cdot C_2(t) = A^T(t), \text{ если } m < n. \quad (17)$$

Перевод (16) из области оригиналов в область дифференциальных изображений приводит к следующим рекуррентным соотношениям:

при $K=0$:

$$z(0) = B_2^+(0) \cdot A^T(0); \quad (18)$$

при $K=1$:

$$z(1) = B_2^+(0) \cdot [A^T(1) - B_2(1) \cdot z(0)]; \quad (19)$$

при $K=2$:

$$z(2) = B_2^+(0) \cdot [A^T(2) - B_2(1) \cdot z(1) - B_2(2) \cdot z(0)]; \quad (20)$$

при $K=K$:

$$z(K) = B_2^+(0) \cdot [A^T(K) - \sum_{l=1}^K B_2(l) \cdot z(k-l)], \quad (21)$$

причем:

при $K=0$:

$$B_2(0) = A^T(0) \cdot A(0); \quad (22)$$

при $K=1$:

$$B_2(1) = A^T(0) \cdot A(1) + A^T(1) \cdot A(0); \quad (23)$$

при $K=2$:

$$B_2(2) = A^T(0) \cdot A(2) + A^T(1) \cdot A(1) + A^T(2) \cdot A(0); \quad (24)$$

.....
при $K=K$:

$$B_2(K) = \sum_{l=0}^K A^T(l) \cdot A(K-l), \quad K = \overline{0, \infty}. \quad (25)$$

Аналогично, перевод (17) из области оригиналов в область дифференциальных изображений приводит к следующим рекуррентным соотношениям:

при $K=0$:

$$z(0) = A^T(0) \cdot C_2^+(0); \quad (26)$$

при $K=1$:

$$z(1) = [A^T(1) - z(0) \cdot C_2(1)] \cdot C_2^+(0); \quad (27)$$

при $K=2$:

$$z(2) = [A^T(2) - z(0) \cdot C_2(2) - z(1) \cdot C_2(1)] \cdot C_2^+(0); \quad (28)$$

.....
при $K=K$:

$$z(K) = [A^T(K) - \sum_{l=0}^{K-1} z(l) \cdot C_2(K-l)] \cdot C_2^+(0), \quad (29)$$

причем:

при $K=0$:

$$C_2(0) = A(0) \cdot A^T(0); \quad (30)$$

при $K=1$:

$$C_2(1) = A(0) \cdot A^T(1) + A(1) \cdot A^T(0); \quad (31)$$

при $K=2$:

$$C_2(2) = A(0) \cdot A^T(2) + A(1) \cdot A^T(1) + A(2) \cdot A^T(0); \quad (32)$$

.....
при $K=K$:

$$C_2(K) = \sum_{l=0}^K A(l) \cdot A^T(K-l), \quad K = \overline{0, \infty}. \quad (33)$$

Замечание 1. Очевидно, что если $m > n$, то целесообразно использование вычислительных схем (18)-(25), ибо порядок фигурирующих в них матричных дискретов $B(l)$, $l = \overline{1, K}$ меньше и, следовательно, меньше количество вычислительных операций. Однако, если $m < n$, то целесообразно использование вычислительных схем (26)-(33) по той же причине. А если $m = n$, то схемы (18)-(25) и (26)-(33) характеризуются одним и тем же объемом вычислительных операций.

Модельный пример. Пусть

$$A(t) = \begin{bmatrix} (1+t) & 0 & (1+t) \\ 0 & (1+t) & 0 \\ (1+t) & 0 & (1+t) \end{bmatrix}, \quad \nexists A^{-1}(t), \exists A^+(t).$$

Тогда при $t_v = 0$, $H=1$ имеем

$$A(0) = A(1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad A(K) = [0], \quad \forall K \geq 2.$$

Следовательно:

при $K=0$ и в соответствии с (22):

$$B(0) = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 2 \end{bmatrix}, \quad \nexists B^{-1}(0), \exists B^+(0).$$

Тогда

$$B^+(0) = \begin{bmatrix} 0,125 & 0 & 0,125 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0,125 & 0 & 0,125 \end{bmatrix}, \quad z(0) = \begin{bmatrix} 0,125 & 0 & 0,25 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0,25 & 0 & 0,25 \end{bmatrix};$$

при $K=1$ и в соответствии с (22) и (19):

$$B(1) = \begin{bmatrix} 4 & 0 & 4 \\ 0 & 2 & 0 \\ 4 & 0 & 4 \end{bmatrix}, \quad z(1) = \begin{bmatrix} -0,25 & 0 & -0,25 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,25 & 0 & 4-0,25 \end{bmatrix};$$

при $K=2$ и в соответствии с (22) и (20):

$$B(2) = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 2 \end{bmatrix}, \quad z(2) = \begin{bmatrix} 0,25 & 0 & 0,25 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0,25 & 0 & 0,25 \end{bmatrix};$$

при $K=3$ и в соответствии с (22) и (21):

$$B(3) = 0, \quad z(3) = \begin{bmatrix} -0,5 & 0 & -0,5 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,5 & 0 & -0,5 \end{bmatrix}$$

и т.д.

Таким образом, приближенные маклореновские решения при $K = \overline{0,3}$ имеют вид

$$\begin{aligned} z(t)|_{K=0} &= \begin{bmatrix} 0,25 & 0 & 0,25 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0,25 & 0 & 0,25 \end{bmatrix}, \\ z(t)|_{K=1} &= \begin{bmatrix} 0,25 \cdot (1-t) & 0 & 0,25 \cdot (1-t) \\ 0 & (1-t) & 0 \\ 0,25 \cdot (1-t) & 0 & 0,25 \cdot (1-t) \end{bmatrix}, \\ z(t)|_{K=2} &= \begin{bmatrix} 0,25 \cdot (1-t+t^2) & 0 & 0,25 \cdot (1-t+t^2) \\ 0 & (1-t+t^2) & 0 \\ 0,25 \cdot (1-t+t^2) & 0 & 0,25 \cdot (1-t+t^2) \end{bmatrix}, \end{aligned}$$

$$z(t)_{K=3} = \begin{bmatrix} 0,25 \cdot (1-t+t^2-2t^3) & 0 & 0,25 \cdot (1-t+t^2-2t^3) \\ 0 & (1-t+t^2-t^3) & 0 \\ 0,25 \cdot (1-t+t^2-2t^3) & 0 & 0,25 \cdot (1-t+t^2-2t^3) \end{bmatrix},$$

а соответствующие однопараметрические зависимости элементов матрицы $A^+(t) \equiv z(t)$ при $K = \overline{0,3}$ - вид, рис.1 – 4 ($z_{11}(t) = z_{13}(t) = z_{31}(t) = z_{33}(t)$).

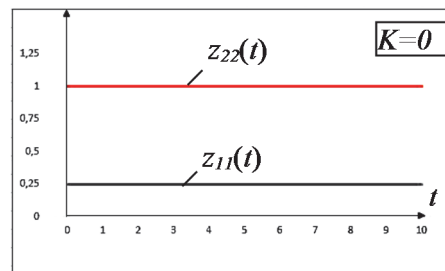


Рис.1

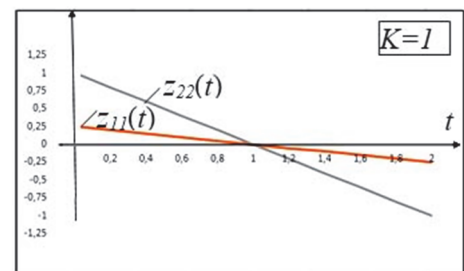


Рис.2

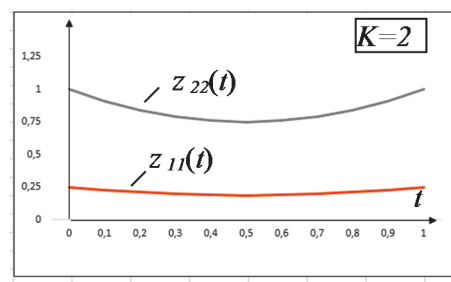


Рис.3

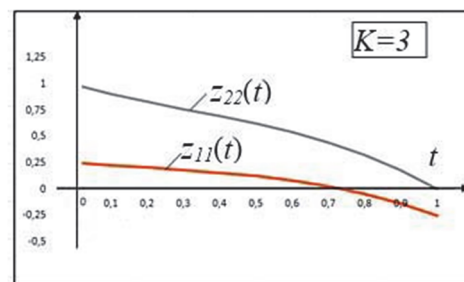


Рис.4

Замечание 2. Нетрудно убедиться, что к таким же результатам приходим и при использовании вычислительных схем (26)-(33).

Замечание 3. Нетрудно убедиться также, что при $\forall K = \overline{0,3}$ известные условия Мура-Пенроуза точно выполняются в центре аппроксимации $t_v = 0$ (что и должно было быть), а в остальных текущих значениях параметра t - в зависимости от требуемых точностей маклореновских решений.

Заключение. Таким образом, в настоящей работе для нахождения однопараметрических обобщенных обратных матриц в сингулярном случае рассмотрены прикладные аспекты соответствующих рекуррентных вычислительных схем. В качестве основного математического аппарата использованы дифференциальные преобразования, позволяющие решение рассматриваемой задачи свести к последовательным числовым рекуррентным вычислительным схемам, легко реализуемым средствами современных информационных технологий [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гантмахер Ф.Р.** Теория матриц: - М.: Физматлит, 2010.-560 с.
2. **Ланкастер П.** Теория матриц. – М.: Наука, 1978. – 280 с.
3. **Campbell S.I., Meyer C.D. JR.** Generalized Inverses of Linear Transformations. – New York: Dover, 2009. – 272 p.
4. **Пухов Г.Е.** Дифференциальные преобразования функций и уравнений. - Киев: Наукова думка, 1984.- 420 с.
5. **Ben-Israel A., Greville T.N.E.** Generalized Inverses. Theory and Applications. – A. Wiley-Interscience publication, 2002. – 371 p.
6. **Светлаков А.А.** Обобщенные обратные матрицы: некоторые вопросы теории и применения в задачах автоматизации управления процессами. - Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 385 с.
7. **Симонян С.О.** Методы определения однопараметрических обобщенных обратных матриц. - LAP LAMBERT Academic Publishing RU, 2017. – 222 с.
8. **Eric Matthes.** Python crash cours. – Second edition. – 2019.

Национальный политехнический университет Армении. Материал поступил в редакцию 16.04.2023.

Ս.Ն. ՄԻՄՈՆՅԱՆ, Կ.Ա. ԹՈՐՉՅԱՆ

**ՄԻԱՊԱՐԱՄԵՏՐԱԿԱՆ ԸՆԴՀԱՆՐԱՑՎԱԾ ՀԱԿԱԴԱՐԶ ՄԱՏՐԻՑՆԵՐԻ
ՈՐՈՇՄԱՆ ՀԱՆՐԱՆՇԱՆԱԿ ՄԵԹՈԴԻ ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՏԵՄԱՆԿՑՈՒՆՆԵՐԸ
ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՄԻՆԳՈՒԼՅԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ**

Դիտարկվել են միապարամետրական ընդհանրացված հակադարձ մատրիցների որոշման հանրանշանակ մեթոդի կիրառական տեսանկյունները սինգուլյար դեպքում: Մոդելային օրինակի լուծմամբ ցույց է տրվել համապատասխան անդրադարձ հաշվողական սխեմաների արդյունավետությունը:

Առանցքային բաներ. միապարամետրական ընդհանրացված հակադարձ մատրիցներ, սինգուլյար դեպք, դիֆերենցիալ ձևափոխություններ, անդրադարձ հաշվողական սխեմաներ, ժամանակակից տեղեկատվական տեխնոլոգիաների միջոցներ:

S.O. SIMONYAN, K.A. TORCHYAN

**APPLIED ASPECTS OF THE UNIVERSAL METHOD FOR
DETERMINING SINGLE-PARAMETER GENERALIZED INVERSE
MATRIXIES IN THE SINGULAR CASE**

Applied aspects of the universal method for determining one-parameter generalized inverse matrices in the singular case are considered. By solving a model example, the efficiency of the corresponding recurrent computational schemes is shown.

Keywords: one-parameter generalized inverse matrices, singular case, differential transformations, recurrent computing schemes, means of modern information technologies.

УДК 621.3

АВТОМАТИЗАЦИЯ И
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

DOI: 10.53297/0002306X-2023.v76.2-230

Г.С. СУКИАСЯН, М.Е. АЛАЕИ

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ
ФИНАНСОВОГО РЫНКА**

Предложены новые статистические функции, позволяющие по известным данным о прошлом поведении цен какого-либо товара определить состояние финансового рынка. Эти новые статистики являются более общими, чем волатильность, и содержат оценку волатильности внутри себя. Построена автоматизированная система, которая отслеживает состояние рынка и предупреждает ситуации, когда поведение функции цены товара критично. Система апробирована на примере поведения цены на нефть и дала хорошие результаты, четко зафиксировав кризис 2008 года.

Ключевые слова: среднее квадратичное отклонение, финансовая математика, волатильность.

Введение. Пусть известна выборка прошлого поведения цен какого-либо товара. Наша цель – построить по данной выборке статистические функции, которые служили бы индикатором состояния рынка этого товара. Грубо говоря, хотим иметь численную величину, про которую можно сказать: “хорошо” это или “плохо” для состояния рынка.

Примером такой статистики является среднее квадратичное отклонение, т.е. численная оценка дисперсии, которая в экономической литературе называется волатильностью. Если среднее квадратичное отклонение небольшое, то это хорошо: состояние рынка спокойное и стабильное. Если же среднее квадратичное отклонение большое, то это плохо: состояние рынка нестабильное, имеется угроза кризиса.

Цель настоящей статьи - получить другие статистические функции по данной выборке, которые указывали бы на состояние рынка. Эти новые статистики должны быть более общими, чем волатильность, и содержать оценку волатильности внутри себя.

Предварительные сведения из финансовой математики. Пусть $S(0)$ - сегодняшняя цена какого-нибудь товара, а $S(t)$ - цена этого же товара t дней назад. Таким образом, имеем в качестве входных данных последовательность неслучайных чисел $S(t)$, $t = 0, 1, 2, \dots$. Подпоследовательность чисел

$$S(t_0 - n), S(t_0 - n + 1), \dots, S(t_0), S(t_0 + 1), \dots, S(t_0 + n)$$

называется выборкой с центром t_0 и размахом $2n$. Выборочным средним $m(t)$ называют следующую величину (см. [1]):

$$m(t) = \frac{1}{2n+1} \sum_{i=t-n}^{t+n} S(i).$$

Среднеквадратичным отклонением $V(t)$ называют следующую величину:

$$V(t) = \frac{1}{2n} \sum_{i=t-n}^{t+n} [S(i) - m(t)]^2. \quad (1)$$

Европейским опционом $M_e(t, K)$ называется следующее математическое ожидание (см. [2]):

$$M_e(t, K) = E(s(t) - K)_+,$$

где $s(t)$ – будущая цена товара в момент времени $t > 0$; параметр K – положительное число (так называемая “красная цена” товара); значок $()_+$ означает положительную часть:

$$(X)_+ = \max(X, 0) = \begin{cases} 0, & X < 0, \\ X, & X \geq 0. \end{cases}$$

Заметим, что $s(t)$, $t > 0$ является случайной величиной, в то время как $S(t)$ являются известными неслучайными числами. Величина $M_e(t, K)$ вычисляется по известной формуле Блека-Шоулза (см. [3]):

$$M_e(t, K) = S(0) F_N(d_1) - K F_N(d_2),$$

где F_N – функция распределения стандартной нормальной случайной величины с нулевым средним и единичной дисперсией;

$$d_1 = \frac{[\ln S(0) - \ln K]}{\sqrt{Vt}} + \frac{\sqrt{Vt}}{2} \text{ и } d_2 = \frac{[\ln S(0) - \ln K]}{\sqrt{Vt}} - \frac{\sqrt{Vt}}{2}.$$

Отметим, что величина V вычисляется по формуле (1).

Азиатским опционом $M_a(t_1, t_2, K)$ называется следующее математическое ожидание:

$$M_a(t_1, t_2, K) = E[g(t_1, t_2) - K]_+, \text{ где } g(t_1, t_2) = \sqrt{S(t_1)S(t_2)}.$$

Величина $M_a(t, K)$ вычисляется по формуле Блека-Шоулза для азиатского опциона (см. [4]):

$$M_a(t_1, t_2, K) = e^{\frac{-Vt}{8}} S(0) F_N(D_1) - K F_N(D_2),$$

где $D_1 = \frac{[\ln S(0) - \ln K]}{\sqrt{Vt}/2}$ и $D_2 = D_1 - \sqrt{Vt}/2$.

Предлагаемые статистики. В качестве новых статистических функций, определяющих состояние финансового рынка, предлагаем оценки европейского $M_e(t, K)$ и азиатского $M_a(t_1, t_2, K)$ опционов, а также разницу $L_e(t, K)$ между этими оценками и выборочной реализацией.

Пусть известно, что в течение времени $t > 0$ цена товара изменилась: была $S(0)$, стала $f(t)$. Тогда следующую (неслучайную) функцию от K и t :

$$L_e(t, K) = M_e(t, K) - [f(t) - K]_+$$

можно интерпретировать как величину прибыли (или убытка) от европейского опциона, купленного, когда цена товара была $S(0)$, при условии, что в момент времени $t > 0$ цена стала $f(t)$. Аналогично определяется неслучайная функция $L_a(t_1, t_2, K)$ для азиатского опциона:

$$L_a(t_1, t_2, K) = M_a(t_1, t_2, K) - [f(t_1, t_2) - K]_+, \quad f(t_1, t_2) = \sqrt{f(t_1)f(t_2)}.$$

Основные утверждения. По данной выборке введем понятие “прыжка цен” $J(t_k)$ в момент времени t_k :

$$J(t_k) = |S(t_k) - S(t_{k-1})|.$$

Прыжок цен назовем “большим”, если он значительно больше интервала времени:

$$J(t_k) \gg dt_k, \quad \text{где } dt_k = |t_k - t_{k-1}|.$$

Соответственно прыжок цен $J(t_k)$ назовем “малым”, если он имеет порядок dt_k .

Теоретической базой для построения индикатора состояния рынка по данной выборке служат следующие полученные нами утверждения:

Утверждение 1 (см. [5]). Малый прыжок $J(t) \approx dt$ приводит к малому значению величины $|L_e(t, K) - L_a(t, K)| = O(dt)$.

Утверждение 2 (см. [5]). Большой прыжок $J(t) \gg dt$ приводит к большому значению величины $|L_e(t, K) - L_a(t, K)| \gg dt$.

Утверждение 3 (см. [6]). Если $|M_e(t, K) - M_a(t_1, t_2, K)| > 6$, то можно ожидать, что прыжок был больше, чем 1.2.

Утверждение 4 (см. [6]). Для любого $k > 0$, если прыжок был меньше, чем $k/5$, то

$$|M_e(t, K) - M_a(t_1, t_2, K)| < k.$$

Нами построена автоматизированная система, которая отслеживает состояние рынка и предупреждает ситуации, когда поведение функции цены товара столь критично, что угрожает справедливости какого-либо из Утверждений 1 - 4.

Пример. Система апробирована на примере поведения цены на нефть за период с 1.12.2006 до 31.2.2009. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Пример поведения цены на нефть

No.	Дата	S(t)	Прыжок	$ M_e - M_a $	$ L_e - L_a $
1	2	3	4	5	6
1	12/28/2006	66.81	0.04	1.20	1.18
2	12/29/2006	67.29	0.48	0.08	0.16
3	8/3/2007	72.49	0.29	0.04	0.18
4	12/11/2007	86.49	1.17	0.10	0.49
5	12/31/2007	88.87	0.04	0.07	0.05
6	3/14/2008	101.75	0.79	0.49	0.88
7	3/17/2008	97.83	3.92	0.51	2.45
8	3/18/2008	102.18	4.35	0.48	1.72
9	4/1/2008	96.03	0.51	0.14	0.39
10	5/1/2008	107.04	0.59	0.39	0.69
11	5/2/2008	110.98	3.94	0.45	1.54
12	5/19/2008	126.19	1.54	0.28	0.49
13	5/20/2008	130.16	3.97	0.29	1.71
14	5/21/2008	134.42	4.26	0.34	1.80
15	6/4/2008	122.61	1.84	1.02	1.94
16	6/5/2008	127.4	4.79	1.33	1.09
17	6/10/2008	131.12	1.91	1.36	2.31
18	6/18/2008	137.16	1.67	0.31	0.53
19	6/25/2008	135.29	1.86	0.38	1.31
20	7/7/2008	143.42	3.11	0.43	1.98
21	7/9/2008	138.69	0.12	0.47	0.53
22	7/14/2008	146.69	0.47	0.48	0.24
23	7/16/2008	137.24	3.61	0.41	2.20
24	7/22/2008	130.78	2.9	0.27	1.72
25	7/29/2008	124.06	2.5	0.30	1.54
26	8/1/2008	126.47	1.22	0.34	0.27
27	8/20/2008	117.55	1.59	1.11	0.32
28	8/21/2008	123.71	6.16	1.07	2.05
29	8/29/2008	117.38	0.32	0.58	0.74
30	9/12/2008	103.36	0.44	0.19	0.03

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
31	9/15/2008	97.8	5.56	0.12	2.86
32	9/16/2008	92.49	5.31	0.11	2.72
33	9/18/2008	98.57	0.96	0.15	0.33
34	9/19/2008	103.19	4.62	0.19	2.14
35	9/22/2008	109.27	6.08	0.25	2.84
36	9/26/2008	106.85	0.8	0.69	1.09
37	9/29/2008	97.63	9.22	0.98	5.49
38	10/1/2008	99.01	2.69	1.85	3.19
39	10/9/2008	88.1	1.07	1.02	1.55
40	10/10/2008	80.22	7.88	0.84	4.69
41	10/13/2008	83.63	3.41	0.71	1.01
42	10/14/2008	81.08	2.55	0.63	1.89
43	10/15/2008	77.15	3.93	0.55	2.49
44	10/21/2008	74.66	1.81	1.16	2.06
45	10/23/2008	70.16	1.05	1.58	1.06
46	10/28/2008	65.22	0.59	3.40	3.69
47	10/31/2008	71.18	1.95	5.23	4.25
48	11/3/2008	67.43	3.75	5.25	7.10
49	11/4/2008	74.46	7.03	5.21	1.61
50	11/5/2008	69.59	4.87	5.09	7.48
51	11/10/2008	66.79	1.18	4.75	4.16
52	11/11/2008	63.84	2.95	4.56	6.02
53	11/12/2008	60.62	3.22	4.54	8.92
54	11/14/2008	61.19	1.64	3.85	7.66
55	11/19/2008	57.77	0.4	2.81	10.04
56	11/21/2008	54.08	0.64	2.27	13.19
57	11/24/2008	58.64	4.56	1.97	8.33
58	11/25/2008	55.4	3.24	1.67	11.27
59	11/28/2008	59.29	0.2	1.76	7.47
60	3/26/2009	54.34	1.57	0.20	10.86

Как видно из табл. 1, справедливость Утверждений 1 – 4 в основном соблюдалась. В табл. 2 приведен список критических ситуаций, угрожающих нарушением какого-либо из Утверждений 1 – 4.

Таблица 2

Список критических ситуаций

Дата	S(t)	Прыжок	$ M_e - M_a $	$ L_e - L_a $	Какое утверждение нарушается
05/19/2008	126.19	1.54	0.28	0.49	2
06/18/2008	137.16	1.67	0.31	0.53	2
08/01/2008	126.47	1.22	0.34	0.27	2
08/20/2008	117.55	1.59	1.11	0.32	2
10/28/2008	65.22	0.59	3.40	3.69	1 и 4
11/19/2008	57.77	0.40	2.81	10.04	1 и 4
11/21/2008	54.08	0.64	2.27	13.19	1
11/28/2008	59.29	0.20	1.76	7.47	1 и 4

Как видно из таблиц, в течение 2006, 2007 и начала 2008 гг. Утверждения 1 - 4 оставались справедливыми. Можно утверждать, что за этот период рынок был относительно стабильным.

Как известно, финансовый кризис 2008 года вспыхнул 15 сентября с краха банка Lehman Brothers. Как видно из табл. 2, нарушения Утверждений 1 - 4 были вблизи этой даты. При этом нарушения Утверждения 2 были до 15 сентября, а нарушения Утверждений 1 и 4 - после 15 сентября.

Заключение.

1. Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы: Сочетание большого прыжка и малого значения

$$|L_e(t, K) - L_a(t, K)| \approx dt$$

является предвестником (а может и причиной) острого финансового кризиса.

2. Сочетание малого прыжка $dJ(t) \approx dt$ и большого значения

$$|L_e(t, K) - L_a(t, K)| \gg dt$$

является следствием (симптомом) острого финансового кризиса.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета по науке РА, грант 21Т-2В256.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крамер Г. Математические методы статистики. - М.: Мир, 1975.
2. Hull J.C. Options, futures, and other derivatives. - Prentice Hall, London, 2008.
3. Black F., Scholes M. The pricing of options and corporate Liabilities// Journal of Political Economy.- 1973.- Vol. 4.- P. 637-659.

4. **Alaei M.E.**, Black-Scholes Formula for Asian Option with Several Futures// Armenian Journal of Mathematics.- 2017. - Vol.9, No.2.- P. 84-92.
5. **Сукиасян Г.С., Алаеи М.Е.** О поведении двух типов математических ожиданий для логарифмически нормального распределения // Изв.НАН Армении. Математика. – 2019. - Т. 54, № 5.- С. 313-318.
6. **Alaei M.E.** On numerical comparison between European and Asian options // Caspian Journal of Computational & Mathematical Engineering. – 2017. - № 1. - P.44 - 57.

Национальный политехнический университет Армении. Ереванский государственный университет. Материал поступил в редакцию 17.01.2022.

Հ.Ս. ՍՈՒՔԻԱՍՅԱՆ, Մ.Է. ԱԼԱԵԻ

ՖԻՆԱՆՍԱԿԱՆ ՇՈՒԿԱՅԻ ԻՐԱՎԻՃԱԿԻ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՎԱԾ ՀԱՄԱԿԱՐԳ

Առաջարկվում են վիճակագրական նոր գործառույթներ, որոնք հնարավորություն են տալիս որոշել ֆինանսական շուկայի վիճակը ցանկացած ապրանքի գների նախկին վարքագծի վերաբերյալ՝ հայտնի տվյալների հիման վրա: Այս նոր վիճակագրությունն ավելի ընդհանուր է, քան անկայունությունը, և պարունակում է անկայունության գնահատականն իր ներսում: Կառուցվել է ավտոմատացված համակարգ, որը վերահսկում է շուկայի վիճակը և զգուշացնում է այն իրավիճակները, երբ ապրանքի գնի վարքագիծը կրիտիկական է: Համակարգը փորձարկվել է նավթի գնի վարքագծի օրինակով և լավ արդյունքներ տվել՝ հստակ ֆիքսելով 2008թ. ֆինանսական ճգնաժամը:

Առանցքային բառեր. միջին քառակուսային շեղում, ֆինանսական մաթեմատիկա, անկայունություն:

H.S. SUKIASYAN, M.E. ALAEI

AN AUTOMATIC SYSTEM FOR ESTIMATING THE STATE OF THE FINANCIAL MARKET

New statistical functions are proposed, which make it possible to determine the state of the financial market from the known data on the past behaviour of the prices of any commodity. These new statistics are more general than volatility and contain an estimate of volatility within themselves. An automated system has been built that monitors the state of the market and warns about situations when the behaviour of the product price function is critical. The system is tested on the example of the behaviour of the oil price and gave good results, clearly fixing the 2008 crisis.

Keywords: standard deviation, financial mathematics, volatility.

БИОГРАФИИ УЧЕНЫХ В ДОКУМЕНТАХ



Иван Васильевич Егiazаров (1893-1971)

Доктор технических наук, профессор, действительный член (академик) первого состава Академии наук Армянской ССР, заслуженный деятель науки и техники Иван (Ованес) Васильевич Егiazаров (Егiazарян) является крупным специалистом в области водного хозяйства, гидроэнергетики, гидротехники, сооружения многих гидроэлектрических станций на территории СССР, основоположником научной школы. Родился 6 января 1893 г. в Тифлисе. Среднее образование получил в Тифлисском реальном училище, а в 1909-1916 гг. учился в Петербургском электротехническом институте, окончив его с золотой медалью. Уже в студенческие годы наметились два основных направления - гидроэнергетика и гидравлика, по которым развивалась дальнейшая научно-инженерная деятельность И. Егiazарова. В 1913 г., будучи еще студентом, написал для "Технической энциклопедии" работу "Утилизация водной энергии", которая вышла в свет отдельным изданием в 1916 г. в Петрограде под редакцией проф. Есьмана. В 1917 г. молодым инженером поступил на работу в Министерство путей сообщения России, где занимался проектированием использования водных ресурсов р. Свирь для электроснабжения Петрограда. В 1920 г. И. Егiazаров был привлечен к работе Государственной комиссии по электрификации России (ГОЭЛРО). Им были разработаны вопросы, связанные с электроснабжением Петрограда со Свири и Волхова, и некоторые вопросы электрификации Кавказа.

Плодотворно развивалась и педагогическая деятельность И. Егiazарова. С 1918 по 1922 гг. он читал курсы гидравлики и использования водной энергии в Петроградском электротехническом институте, а в 1922 г. был избран профессором кафедры Гидроэлектрических силовых установок того же института. И. Егiazарову принадлежит заслуга организации Гидроэлектрической лаборатории при Ленинградском электротехническом институте, которой он руководил с 1924 по 1944 гг.

В 1943г. Егiazаров переехал в Советскую Армению, где занимал должность заведующего кафедрой Утилизации водной энергии Ереванского политехнического института (1943-1971), в 1944-1957гг. был директором Водно-

энергетического института и заведующим Гидроэлектрической лабораторией АН Армянской ССР.

Наряду с научной, научно-организационной и педагогической деятельностью И. Егиазаров принимал активное участие в общественной и государственной жизни. С 1930 по 1935 гг. являлся депутатом Ленинградского городского Совета, в 1946г. был избран депутатом Верховного Совета СССР II созыва. В 1954г. состоял членом Центральной избирательной комиссии по выборам в Верховный Совет СССР, в 1955 и 1956 гг. - депутатом Ереванского городского Совета.

И. Егиазаров многократно командировался за границу с научной целью, где выступал с докладами на конгрессах, проводил конференции и семинары в Германии, Франции, Италии, Бельгии, Голландии, Англии, Шотландии, Португалии, Чехословакии. Он – один из основателей и почетный член Международной ассоциации гидравлических исследований (МАГИ), член-корреспондент Тулузской академии наук Франции, почетный доктор Будапештского университета.

Перу И. Егиазарова принадлежит более 100 научных трудов, которые охватывают вопросы теории подобия и моделирования безнапорного и напорного неустановившегося движения потока, теории моделирования гидравлического удара, моделирования наносонесущих потоков, транспорта водным потоком наносов, в том числе и селевых, вопросы водозабора горных рек, несущих наносы, вопросы борьбы с испарением с поверхности водоемов и т.д.

И. Егиазаров скончался 10 июня 1971г. в Ереване.

(Подробнее см.: Национальный архив Армении. Ф. 768. Оп. 3. Д. 3688; Иван Васильевич Егиазаров. Очерк научной деятельности с приложением библиографии трудов. Ереван, 1963).

СТЕПАН ГАРИБДЖАНИЯН
Кандидат исторических наук

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ Գ.Լ., ԴԱՎԹՅԱՆ Ա.Հ., ԿԵՍՈՅԱՆ Գ.Ռ.	
ՀԱՐԹ ԼԱՐՎԱԾԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿՈՒՄ ՈւՂՂԱՆԿՅՈՒՆ ՆՄՈՒՇՆԵՐԻ ԿՈՐՋԱՆՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՏԱՐԲԵՐ ՀՊԱԿԱՅԻՆ ՇՓՄԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ	133
ԱՂԲԱԼՅԱՆ Ս.Գ., ՍԻՄՈՆՅԱՆ Վ.Ա., ՎԱՍԻԼՅԱՆ Գ.Ա., ԱՂԲԱԼՅԱՆ Ա.Ս.	
ՌԵԼԻՈՒՄՈՎ ԼԵԳԻՐՎԱԾ ՄԱՐՏԵԼՍԻՏԱՅԻՆ ԾԵՐԱՅՈՂ ՓՈՇԴՊՈՂՊԱՏՆԵՐԻ ՍՏԱՅՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ	144
ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ Ա.Հ., ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ս.Ա., ՄԱՖԱՐՅԱՆ Տ.Ն., ՀԱԿՈԲՅԱՆ Ա.Ռ.	
ՄՈԼԻԲԴԵՆԻՏԱՅԻՆ ԽՏԱՆՑՈՒԹԵՐԻ ՀԻՂՈՄԵՏԱԼՈՒԴԳԻԱԿԱՆ ՎԵՐՋՆԱԶՏՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ՖԵՐՈՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐ ՈՐԱԿՅԱԼ ԽՏԱՆՑՈՒԹԻ ՍՏԱՑՈՒՄՈՎ	159
ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ Ս.Գ., ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ Ն.Վ., ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ Գ.Ա., ՄԱՍՈՒՆՅԱՆ Ս.Է.	
ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՏԵԽՆԱԾԻ ԱՌԱՋԱՑՈՒՄՆԵՐԻՑ ՍԻԼԻՑԻՈՒՄԻ ԵՐԿՕՔՄԻԴԻ ՍՏԱՅՄԱՆ ԵՎ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ ՏԱՐԱՆՋԱՏՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ	166
ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ Ա.Հ., ԲՍԴԴԱՄԱՐՅԱՆ Ա.Թ., ՄԱՍՅԱՆ Ս.Վ.	
ԲԱԶՄԱԲԱՂԱԴԻՐՉ ՀԱՆՔԱՔԱՐԵՐԻՑ ՏԱՐԲԵՐ ՏԵՄԱԿԻ ԽՏԱՆՑՈՒԹԵՐ ՍՏԱՆԱԼՈՒ ՆՊԱՏԱԿԱԶԱՐՄԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ	175
ԱՀԱՐՈՆՅԱՆ Գ.Ա.	
ՀՈՐԱՏԱՊԱՅԹԵՅՄԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՊԱՅԹԵՑՎԱԾ ԼԵՈՆԱՅԻՆ ԶԱՆԳՎԱԾԻ ՓԼՎԱԾՔԻ ԶԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՎՐԱ	181
ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ Ո.Զ., ԱՂՅԱՆ Ա.Լ.	
ԱՇՏԱՐԱԿԱԶՆՈՎԱՑՈՒՑԻՉՆԵՐՈՎ ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԶՐԱՄԱՏԱԿԱՐԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱԿԱՐԳԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔՈՎ ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՎԱԾ՝ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՅԱՆԻ ՀԶՈՐՈՒԹՅԱՆ ՍԱՀՄԱՆԱՓԱԿՄԱՆ ԱԼԳՈՐԻԹՄԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ	194
ԳԱԼՍՏՅԱՆ Դ.Մ., ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Է.Ա., ՆԻԿՈՂՈՍՅԱՆ Կ.Հ.	
ՄԱՐԴԿԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՃԱՆԱՉՈՒՄ՝ ԽՈՐ CONV-LSTM ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ՃՇԳՐՏՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐԵԼԱՎՈՒՄ ԱՂՄՈՒԿԻ ՄԱՔՐՄԱՆ ՄԻՋՈՑՈՎ՝ ՆԱԽՔԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԿԱԴՐԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ	202
ԱՆԴՐԵԱՍՅԱՆ Լ.Կ.	
ՄԵՏԱԲՈԼԻԿ ՀԱՄԱԽՏԱՆԻՇՈՎ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԲԱՐԴՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՌԻՄԿԻ ԿՈՒՄՈՒԼՅԱՏԻՎ ԲԱՇԽՄԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՅԻ ՀԵՆՔՈՎ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴԸ	210
ՍԻՄՈՆՅԱՆ Ս.Հ., ԹՈՌՉՅԱՆ Կ.Ա.	
ՄԻԱՊԱՐԱՄԵՏՐԱԿԱՆ ԸՆԴՀԱՆՐԱՅՎԱԾ ՀԱԿԱԴԱՐՉ ՄԱՏՐԻՑՆԵՐԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՀԱՆՐԱՆՇԱՆԱԿ ՄԵԹՈԴԻ ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՏԵՄԱՆԿՅՈՒՆՆԵՐԸ ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՄԻԿՐՈՒԼՅԱՐ ԴԵՊՔՈՒՄ	222
ՍՈՒՔԻԱՍՅԱՆ Հ.Ս., ԱԼԱԵԻ Ս.Է.	
ՖԻՆԱՆՍԱԿԱՆ ՇՈՒԿԱՅԻ ԻՐԱՎԻՃԱԿԻ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՎԱԾ ՀԱՄԱԿԱՐԳ	230
ԳԻՏԱԿԱՆՆԵՐԻ ԿԵՆՍԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԸՍՏ ՓԱՍՏԱԹՂԹԵՐԻ ԻՎԱՆ ՎԱՍԻԼԻԻ ԵՂԻԱԶԱՐՈՎ (1893-1971)	237

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕТРОСЯН Г.Л., ДАВТЯН А.А., КЕСОЯН Г.Р. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЛОЧЕНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ В ПЛОСКОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ КОНТАКТНОГО ТРЕНИЯ	133
АГБАЛЯН С.Г., СИМОНЯН В.А., ВАСИЛЯН Г.А., АГБАЛЯН А.С. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МАРТЕНСИТНО-СТАРЕЮЩЕЙ ПОРОШКОВОЙ СТАЛИ, ЛЕГИРОВАННОЙ РЕНИЕМ.....	144
ОВСЕПЯН А.О., АРУТЮНЯН С.А., САФАРЯН Т.Н., АКОПЯН А.Р. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ДОВОДКИ МОЛИБДЕНИТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ КАЧЕСТВЕННОГО КОНЦЕНТРАТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОМОЛИБДЕНА.....	159
АЙРАПЕТЯН С.Г., МАРТИРОСЯН Н.В., АВЕТИСЯН Г.А., САСУНЦЯН М.Э. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ И ОТДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ОТ РУДНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ	166
ОГАНЕСЯН А.Г., БАГДАСАРЯН А.Т., МАМЯН С.В. ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РУД.....	175
АГАРОНЯН Г.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ РАЗВАЛА ГОРНОЙ МАССЫ	181
МАРУХЯН В.З., АДЯН А.Л. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОГРАНИЧЕНИЯ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ РАБОТОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ГРАДИРНЯМИ.....	194
ГАЛСТЯН Д.М., АРУТЮНЯН Э.А., НИКОГОСЯН К.Г. РАСПОЗНАВАНИЕ ДЕЙСТВИЙ ЧЕЛОВЕКА: ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ АРХИТЕКТУРЫ ГЛУБОКОЙ CONV-LSTM ЗА СЧЕТ ОЧИСТКИ ШУМА ПЕРЕД ВЫБОРОМ КЛЮЧЕВЫХ КАДРОВ	202
АНДРЕАСЯН Л.К. МЕТОД ОЦЕНКИ РИСКА РАЗВИТИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ ЗАБОЛЕВАНИЙ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ НА ОСНОВЕ КУМУЛЯТИВНОЙ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....	210
СИМОНЯН С.О., ТОРЧЯН К.А. ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБОБЩЕННЫХ ОБРАТНЫХ МАТРИЦ В СИНГУЛЯРНОМ СЛУЧАЕ	222
СУКИАСЯН Г.С., АЛАЕИ М.Е. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ФИНАНСОВОГО РЫНКА.....	230
БИОГРАФИИ УЧЕНЫХ В ДОКУМЕНТАХ: ИВАН ВАСИЛЬЕВИЧ ЕГИАЗАРОВ (1893-1971)	237

CONTENTS

PETROSYAN G.L., DAVTYAN A.H., KESOYAN G.R. INVESTIGATING THE DRAWING PROCESS OF RECTANGULAR SAMPLES IN A FLAT STRESS STATE UNDER VARIOUS CONDITIONS OF CONTACT FRICTION	133
AGHBALYAN S.G., SIMONYAN V.A., VASILYAN G.A., AGHBALYAN A.S. DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR PRODUCING RHENIUM - ALLOYED MARAGING POWDER STEEL	144
HOVSEPYAN A.H., HARUTYUNYAN S.A., SAFARYAN T.N., HAKOBYAN A.R. DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR HYDROMETALLURGICAL FINAL SEPARATION OF MOLYBDENITE CONCENTRATES WITH OBTAINING A HIGH- QUALITY CONCENTRATE FOR THE PRODUCTION OF FERROMOLYBDENUM	159
HAYRAPETYAN S.G., MARTIROSYAN N.W., AVETISYAN G.A., SASUNTSYAN M.E. STUDING THE TECHNOLOGICAL POSSIBILITY OF OBTAINING SILICON DIOXIDE AND SEPARATION OF METALS FROM TECHNOGENIC ORE FORMATIONS.....	166
HOVHANNESYAN A.G., BAGHDASARYAN A.T., MAMYAN S.V. JUSTIFICATION OF THE FEASIBILITY OF OBTAINING DIFFERENT TYPES OF CONCENTRATES FROM MULTICOMPONENT ORES.....	175
AHARONYAN G.A. INVESTIGATING THE INFLUENCE OF DRILLING AND BLASTING PARAMETERS ON THE PROCESS OF FORMATION OF ROCK MASS COLLAPSE ...	181
MARUKHYAN V.Z., ADYAN A.L. DEVELOPING AN ALGORITHM OF THE POWER PLANT POWER LIMITATION CONDITIONED BY THE OPERATION OF THE TECHNICAL WATER SUPPLY SYSTEM WITH TOWER COOLERS	194
GALSTYAN D.M., HARUTYUNYAN E.A., NIKOGHOSYAN K.H. HUMAN ACTION RECOGNITION: IMPROVING THE ACCURACY OF DEEP CONV-LSTM ARCHITECTURE THROUGH NOISE CLEANING PRIOR TO KEY FRAMES SELECTION	202
ANDREASYAN L.K. A METHOD FOR ASSESSING THE RISK OF DEVELOPMENT OF DISEASE COMPLICATIONS WITH METABOLIC SYNDROME BASED ON THE CUMULATIVE DISTRIBUTION FUNCTION	210
SIMONYAN S.O., TORCHYAN K.A. APPLIED ASPECTS OF THE UNIVERSAL METHOD FOR DETERMINING SINGLE- PARAMETER GENERALIZED INVERSE MATRICES IN THE SINGULAR CASE.....	222
SUKIASYAN H.S., ALAEI M.E. AN AUTOMATIC SYSTEM FOR ESTIMATING THE STATE OF THE FINANCIAL MARKET	230
BOIGRAPHY OF SCIENTISTS IN DOCUMENTS. IVAN VASILY YEGHIAZAROV (1893-1971)	237

ՀԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ՑՈՒՑԱԿ

- 1 Ադյան Ալինա Լևոնի
ՀՀ տարածքային կառավարման և էներգետիկ ենթակառուցվածքների նախարարության «Էլեկտրաէներգետիկական համակարգի օպերատոր» ՓԲԸ-ի ԷլԽԾ բաժնի ավագ ճարտարագետ, ՀԱՊՀ ՋԷ և ՇՄՊ ամբիոնի ասպիրանտ, դասախոս
Էլ. հասցե - adyan.a@bk.ru
- 2 Ալաեի Մոհամմեդ Էբրազիմի
ասպիրանտ, ԵՊՀ,
Էլ. հասցե - alaei@yahoo.com
- 3 Ահարոնյան Գագիկ Անուշավանի
տ.գ.թ., հորատապայթեցման աշխատանքների ղեկավար, «Ա.Ա.Բ. ՊՐՈՅԵԿՏ», ՓԲԸ,
Էլ. հասցե - gagik.aharonyan@mail.ru
- 4 Աղբալյան Ալլա Սուրենի
կրտսեր գիտաշխատող, ՀԱՊՀ,
Էլ. հասցե - aghbalyan@gmail.com
- 5 Աղբալյան Սուրեն Գևորգի
ՀԱՊՀ, տ.գ.դ., պրոֆեսոր,
Էլ. հասցե - metalsur@polytechnic.am
- 6 Անդրեասյան Լիանա Կարլենի
«Քոմպիյութերային համակարգեր և ցանցեր» ամբիոնի ասիստենտ,
Էլ. հասցե - l.andreasyan@polytechnic.am
- 7 Ավետիսյան Գոհար Արայի
ք.գ.թ., Կենտրոնական լաբորատորիայի ղեկավար, «Լեռնամետալուրգիական ինստիտուտ» ՓԲԸ,
Էլ. հասցե - avetisyan.g@mail.ru
- 8 Բաղդասարյան Արամ Թորգոմի
ՀԱՊՀ, ԼՄ և ՔՏ ինստիտուտ, ԼԳ և ՇՄՊ ամբիոնի վարիչի պ/կ, տ.գ.թ., դոցենտ
Էլ. հասցե - aram_baghdasaryan@list.ru
- 9 Գալստյան Դավիթ Մարատի
ՀԱՊՀ «Ավտոմատացման համակարգեր» ամբիոնի ասպիրանտ, «Օփեն Սոֆթ Քոնսալթ» ընկերության ծրագրավորող
Էլ. հասցե - galstyandavid1998@gmail.com
- 10 Դավթյան Ալբերտ Հարությունի
մագիստրանտ, «Մեխանիկա և մեքենագիտություն» ամբիոն, ՀԱՊՀ, «ՔԵՆՐԼ» ՍՀԻ -ում ՎՏԼ ղեկավարի ժ/պ,
Էլ. հասցե - albertvacuum@gmail.com
- 11 Թոռյան Կարապետ Արզումանի
ՏՏԱ ամբիոնի ասիստենտ, տ.գ.թ., ՀԱՊՀ,
Էլ. հասցե - karapet.torchyan@gmail.com
- 12 Կեսոյան Գևորգ Ռաֆիկի
«Մամլիչ-ՆԿ» ՍՊԸ տնօրեն,
Էլ. հասցե - mamlichnk_kesoyan@yahoo.com
- 13 Հակոբյան Ասյա Ռաֆայելի
ՀՀ ԳԱԱ Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ, գիտաշխատող,
Էլ. հասցե - assia77@yandex.ru
- 14 Հայրապետյան Մերոբ Գառնիկի
տ.գ.թ., Միկրո- և նանոէլեկտրոնիկա բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայի գիտաշխատող, ՀԱՊՀ,
Էլ. հասցե - sergar55@mail.ru

- 15 Հարությունյան Էդուարդ Անդրանիկի
ՀԱՊՀ «Ավտոմատացման համակարգեր» ամբիոնի ասպիրանտ, «Կրիսպ» ընկերության ավագ ծրագրավորող,
Էլ. հասցե - eduard.harutyunyan.1999@gmail.com
- 16 Հարությունյան Սիրանուշ Աշոտի
ՀՀ ԳԱԱ Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ, գիտաշխատող, տ.գ.թ.,
Էլ. հասցե - sirhar@mail.ru
- 17 Հովհաննիսյան Արմեն Հենրիկի
ՀԱՊՀ, ԼՄ և ՔՏ ինստիտուտի տնօրեն, տ.գ.դ., պրոֆեսոր,
Էլ. հասցե – hov_armen@mail.ru
- 18 Հովսեփյան Արմեն Հովհաննեսի
ՀՀ ԳԱԱ Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ, լաբորատորիայի վարիչ, տ.գ.դ., դոցենտ,
Էլ. հասցե - armenhovs@rambler.ru
- 19 Մամյան Սուրեն Վլադիմիրի
ՀՀ ՏԿԵ նախարարության ընդերքի վարչության ընդերքաբանական փորձաքննության բաժնի պետ, տ.գ.թ.
- 20 Մարտիրոսյան Նորայր Վիլյամսի
տ.գ.թ., դոցենտ, Միկրո- և նանոէլեկտրոնիկա բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայի ղեկավար, ՀԱՊՀ,
Էլ. հասցե - marnorw@yahoo.com
- 21 Մարուխյան Ոստանիկ Զավենի
ՀԱՊՀ ՋԷ և ՇՄՊ ամբիոնի տ.գ.թ., պրոֆ.
Էլ. հասցե - vosmar@seua.am
- 22 Նիկողոսյան Կարեն Հրահատի
ՀԱՊՀ «Ավտոմատացման համակարգեր» ամբիոնի ասպիրանտ, «Սինոփսիս Արմենիա» ընկերության ավագ ինժեներ
Էլ. հասցե - karen.nikoghosyan.98@gmail.com
- 23 Պետրոսյան Գևորգ Լյուդվիկի
տ.գ.դ., պրոֆեսոր, «Մելսանիկա և մեքենագիտություն» ամբիոն, ՀԱՊՀ,
Էլ. հասցե - gevorglp@seua.am
- 24 Սասունցյան Մարինե Էդուարդի
տ.գ.թ., դոցենտ, ընդհանուր քիմիայի և քիմիական պրոցեսների ամբիոն, ՀԱՊՀ,
Էլ. հասցե - msasuntsyan@mail.ru
- 25 Սաֆարյան Տաթևիկ Նիկոլայի
ՀՀ ԳԱԱ Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ, գիտաշխատող, տ.գ.թ.,
Էլ. հասցե - for.tatevik@gmail.com
- 26 Սիմոնյան Սարգիս Հովհաննեսի
տ.գ.դ., պրոֆ., «Տեղեկատվական տեխնոլոգիաներ և ավտոմատացում» ամբիոնի վարիչ, ՀԱՊՀ
Էլ. հասցե - ssimonyan@seua.am
- 27 Սիմոնյան Վիգեն Արմենի
ՀԱՊՀ, ասպիրանտ,
Էլ. հասցե - vigensimonyan2017@gmail.com
- 28 Սուքիասյան Հայկ Ստեփանի
տ.գ.դ., «Ավտոմատացում և էլեկտրոնագնիսական համակարգեր» բազային լաբորատորիայի առաջատար աշխատակից,
Էլ. հասցե - hayksukiayan@gmail.com
- 29 Վասիլյան Գայանե Արտաշի
տ.գ.թ., դոցենտ, Մետալուրգիայի և նյութագիտության ամբիոն, ՀԱՊՀ,
Էլ. հասցե - aghbalyan@gmail.com

СПИСОК АВТОРОВ

- 1 Аветисян Гоар Араевна к.х.н., руководитель Центральной лаборатории, ЗАО "Лернаметаллургия институт",
Эл. почта - avetisyan.g@mail.ru
- 2 Агаронян Гагик Анушаванович к.т.н., начальник буровзрывных работ, ЗАО "А.А.Б. ПРОЕКТ",
Эл. почта - gagik.aharonyan@mail.ru
- 3 Агбальян Алла Суреновна младший научный сотрудник, НПУА,
Эл. почта - aghbalyan@gmail.com
- 4 Агбальян Сурен Геворкович д.т.н., профессор, НПУА,
Эл. почта - metalsur@polytechnic.am
- 5 Адян Алина Леоновна аспирант, НПУА; старший инженер отдела Службы Электрических режимов, ЗАО "Оператор Электроэнергетической Системы" Министерства территориального управления и энергетических инфраструктур РА,
Эл. почта - адрес-adyan.a@bk.ru
- 6 Айрапетян Сероб Гарникович к.т.н., научный сотрудник базовой научно-исследовательской лаборатории Микро- и наноэлектроники, НПУА,
Эл. почта - sergar55@mail.ru
- 7 Акопян Ася Рафаеловна научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии НАН РА,
Эл. почта - assia77@yandex.ru
- 8 Алаеи Мохаммад Ебрагим аспирант, ЕГУ,
Эл. почта – alaei@yahoo.com
- 9 Андреасян Лиана Карленовна ассистент, кафедра Компьютерных систем и сетей, НПУА,
Эл. почта - l.andreasyan@polytechnic.am
- 10 Арутюнян Сирануш Ашотовна к.т.н., научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии НАН РА,
Эл. почта - sirhar@mail.ru
- 11 Арутюнян Эдуард Андрикович аспирант, кафедра Систем автоматизации, НПУА; старший программист компании "Крисп",
Эл. почта - eduard.harutyunyan.1999@gmail.com
- 12 Багдасарян Арам Торгомович к.т.н., доцент, зав. кафедрой Горного дела и охраны окружающей среды, Институт горной металлургии и химических технологий, НПУА,
Эл. почта - aram_bagdasaryan@list.ru
- 13 Василян Гаяне Арташевна к.т.н., доцент, кафедра Металлургии и материаловедения, НПУА,
Эл. почта - gayavasi@gmail.com
- 14 Галстян Давид Маратович аспирант, НПУА; программист компании "Опен Софт Консалт",
Эл. почта - galstyandavid1998@gmail.com

- 15 Давтян Альберт Арутюнович магистрант, кафедра Механики и машиноведения, НПУА; и.о. руководителя ЛВТ ИСИ“КЕНДЛ”,
Эл. почта - albertvacuum@gmail.com
- 16 Кесоян Геворг Рафикович директор ООО “Мамлич-НК”,
Эл. почта - mamlichnk_kesoyan@yahoo.com
- 17 Мамян Сурен Владимирович к.т.н., начальник отдела недрологической экспертизы, Министерство территориального управления и инфраструктур,
- 18 Мартиросян Норайр Вильямсович к.т.н., доцент, руководитель базовой научно-исследовательской лаборатории Микро- и наноэлектроники, НПУА,
Эл. почта - mamnorw@yahoo.com
- 19 Марухян Востаник Завенович к.т.н., профессор, кафедра Теплоэнергетики и охраны окружающей среды, НПУА,
Эл. почта - адрес-vosmar@seua.am
- 20 Никогосян Карен Гагатович аспирант, НПУА; старший инженер ЗАО “Синописис Армения”,
Эл. почта - karen.nikoghosyan.98@gmail.com
- 21 Овсепян Армен Оганесович д.т.н., доцент, заведующий лабораторией, Институт общей и неорганической химии НАН РА,
Эл. почта - armenhovs@rambler.ru
- 22 Оганесян Армен Генрикович д.т.н., профессор, директор Института горной металлургии и химических технологий, НПУА,
Эл. почта - hov_armen@mail.ru
- 23 Петросян Геворг Людвигович д.т.н., профессор, кафедра Механики и машиноведения, НПУА,
Эл. почта - gevorglp@seua.am
- 24 Сасунцян Марине Эдуардовна к.т.н., доцент, кафедра Общей химии и химических технологий, НПУА,
Эл. почта - msasuntsyan@mail.ru
- 25 Сафарян Татевик Николаевна к.т.н., научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии НАН РА,
Эл. почта - for.tatevik@gmail.com
- 26 Симонян Виген Арменович аспирант, НПУА,
Эл. почта - vigensimonyan2017@gmail.com
- 27 Симонян Саргис Оганесович д.т.н., проф., зав. кафедрой Информационных технологий и автоматизации, НПУА,
Эл. почта - ssimonyan@seua.am
- 28 Сукиасян Гайк Степанович д.т.н., ведущий научный сотрудник базовой лаборатории “Автоматизация и электромагнитные системы”, НПУА,
Эл. почта – hayksukiayan@gmail.com
- 29 Торчян Карапет Арзуманович к.т.н., ассистент, кафедра Информационных технологий и автоматизации, проректор НПУА,
Эл. почта - karapet.torchyan@gmail.com

LIST OF THE AUTHORS

- 1 Adyan Alina Levon Post-graduate student of NPUA, Senior Engineer of the Electrical Modes Service Department of the “Electropower System Operator” CJSC, Ministry of Territorial Administration and Infrastructure of the Republic of Armenia. Lecturer, Chair of Heat Power Engineering and Environment Protection
E-mail - adyan.a@bk.ru
- 2 Aghbalyan Alla Suren Junior scientific worker, NPUA,
E-mail - aghbalyan@gmail.com
- 3 Aghbalyan Suren Geworg Dr. of tech. sci., Prof., NPUA,
E-mail - metalsur@polytechnic.am
- 4 Aharonyan Gagik Anushavan Cand. of tech. sci., Head of drilling and blasting operations, CJSC “A.A.B. PROJECT
E-mail - gagik.aharonyan@mail.ru
- 5 Alaei Mohhamed Ebrahim Post-graduate student, YSU
E-mail - alaei@yahoo.com
- 6 Andreasyan Liana Karlen Assistant of the Chair Department of Computer Systems and Networks, NPUA,
E-mail - l.andreasyan@polytechnic.am
- 7 Avetisyan Gohar Ara Cand. of Chem. sci., Head of central laboratory of CJSC "Lernametalurgiai institute",
E-mail - avetisyan.g@mail.ru
- 8 Baghdasaryan Aram Torgom Cand. of tech. sci., Assoc. Prof., acting Head of the Department of Mining and Environmental Protection, Institute of Mining Metallurgy and Chemical Technologies, NPUA,
E-mail - aram_bagdasaryan@list.ru
- 9 Davtyan Albert Harutyun Graduate student of the Chair “Mechanics and Machine Science”, NPUA, Acting Head of VTL at “CANDLE” SRI,
E-mail - albertvacuum@gmail.com
- 10 Galstyan David Marat Post-graduate student, NPUA, developer at “Open Soft Consult”
E-mail - galstyandavid1998@gmail.com
- 11 Hakobyan Asya Rafayel NAS RA, Institute of General and Inorganic Chemistry, research scientist,
E-mail - assia77@yandex.ru
- 12 Harutyunyan Eduard Andranik Post-graduate student, NPUA, senior developer at “Krisp”
E-mail - eduard.harutyunyan.1999@gmail.com
- 13 Harutyunyan Siranush Ashot Cand. of tech. sci., NAS RA, Institute of General and Inorganic Chemistry, research scientist,
E-mail - sirhar@mail.ru
- 14 Hayrapetyan Serob Garnik Cand. of tech. sci., scientific worker, Micro- and nanoelectronics scientific laboratory of NPUA,
E-mail - sergar55@mail.ru
- 15 Hovhannisyan Armen Henrik Dr. of tech. Sci., Prof., Director of the Institute of Mining and Metallurgy and Chemical Technologies, NPUA,
E-mail - hov_armen@mail.ru

- 16 Hovsepyan Armen Hovhannes Dr. of tech. sci., Assoc. Prof., NAS RA, Institute of General and Inorganic Chemistry, Chief of laboratory,
E-mail - armenhovs@rambler.ru
- 17 Kesoyan Gevorg Rafik Director in “Mamlich-NK”,
E-mail - mamlichnk_kesoyan@yahoo.com
- 18 Mamyan Suren Vladimir Cand. of tech. sci. Ministry of Territorial Administration and Infrastructure of Republic of Armenia, Head of the department of “Subsoil expertise of subsoil management”,
E-mail -
- 19 Martirosyan Norayr Wilyams Cand. of tech. sci., Assoc. Prof., Head of Micro- and nanoelectronics laboratory of NPUA,
E-mail - marnorw@yahoo.com
- 20 Marukhyan Vostanik Zaven Cand. of Technical Sciences, Prof., Chair of Thermal Power Engineering and Environment Protection, NPUA
E-mail - vosmar@seua.am
- 21 Nikoghosyan Karen Hrahat Post-graduate student NPUA, Senior Engineer of the “Synopsys Armenia” CJSC
E-mail - karen.nikoghosyan.98@gmail.com
- 22 Petrosyan Gevorg Ludvig Dr. of tech. sci., Prof. of the Chair “Mechanics and Machine Science”, NPUA,
E-mail - gevorglp@seua.am
- 23 Safaryan Tatevik Nikolay Cand. of tech. sci., NAS RA, Institute of General and Inorganic Chemistry, research scientist,
E-mail - for.tatevik@gmail.com
- 24 Sasuntsyan Marine Eduard Cand. of tech. sci., Assoc. Prof. of the Chair "General Chemistry and Chemical Processes", NPUA,
E-mail - msasuntsyan@mail.ru
- 25 Simonyan Sargis Hovhannes Dr. of tech. sci., Prof., Head of the Chair “Information Technologies and Automatization”, NPUA
E-mail - ssimonyan@seua.am
- 26 Simonyan Vigen Armen Post-graduate student of the Chair “Metallurgy and Material Science”, NPUA,
E-mail - vicensimonyan2017@gmail.com
- 27 Sukiasyan Hayk Stepan Dr. of tech. sci., Leading SW of the Basic laboratory "Qutomatization and Electromagnetic Systems", NPUA
E-mail - hayksukiayan@gmail.com
- 28 Torchyan Karapet Arzuman Cand. of tech. sci., Vice-rector of NPUA
E-mail - karapet.torchyan@gmail.com
- 29 Vasilyan Gayane Artash Cand. of tech. sci., Assoc. Prof. of the Chair “Metallurgy and Material Science”, NPUA,
E-mail - gayavasi@gmail.com

«Հայաստանի գիտությունների ազգային ակադեմիայի և Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի տեղեկագիր. տեխնիկական գիտությունների սերիա» հանդեսում տպագրվում են տեսական և փորձարարական հետազոտությունների արդյունքները տեխնիկական գիտությունների հետևյալ բաժիններից՝ մեքենաշինություն, մետալուրգիա, նյութագիտություն, ընդերքօգտագործման տեխնոլոգիաներ, շինարարական կառուցվածքներ, հիդրավլիկա և հիդրոտեխնիկական կառույցներ, էներգետիկա, էլեկտրատեխնիկա, գիտական սարքաշինություն և չափողական տեխնիկա, հաշվողական տեխնիկա և ինֆորմատիկա, ռադիոէլեկտրոնիկա, միկրոէլեկտրոնիկա, լազերային տեխնիկա, ավտոմատացում և կառավարման համակարգեր:

Հանդեսում լուսաբանվում են ակադեմիական և ճյուղային գիտահետազոտական ինստիտուտների, բուհերի, գիտաարտադրական միավորումների և այլ կազմակերպությունների գիտական գործունեության առավել կարևոր արդյունքները:

Հանդեսի հիմնական նպատակն է խթանել գիտատեխնիկական առաջընթացը և նպաստել արտադրության մեջ այդ արդյունքների ներդրմանը:

Հանդեսը նախատեսված է ճարտարագետների, հետազոտողների և գիտնականների լայն շրջանների համար: Լույս է տեսնում երեք ամիսը մեկ անգամ:

В журнале "Известия Национальной академии наук РА и Национального политехнического университета Армении. Серия технических наук" публикуются результаты теоретических и экспериментальных исследований, охватывающих основные разделы технических наук: машиностроение, металлургия, материаловедение, технологии недропользования, строительные конструкции, гидравлика и гидротехнические сооружения, энергетика, электротехника, научное приборостроение и измерительная техника, вычислительная техника и информатика, радиоэлектроника, микроэлектроника, лазерная техника, автоматизация и системы управления.

Журнал является периодическим изданием, освещающим наиболее важные результаты научной деятельности академических и отраслевых научно-исследовательских институтов, вузов, научно-производственных объединений и др.

Основная цель журнала - пропагандировать фундаментальные и прикладные исследования в области технических наук, способствовать внедрению их результатов и ускорению научно-технического прогресса в производстве.

Журнал рассчитан на широкий круг ученых, исследователей и инженеров. Выходит один раз в три месяца.

The journal "Proceedings of the Republic of Armenia National Academy of Sciences and National Polytechnic University of Armenia. Series of Technical Sciences" publishes the results of theoretical and experimental investigations concerning the main branches of technical sciences: mechanical engineering, metallurgy, material science, mining engineering, natura utilization, building constructions, hydraulics and hydrotechnical constructions, power and electrical engineering, scientific instrument making and measuring devices, computer science and informatics, radioelectronics, microelectronics, laser equepment, automation and control systems.

The journal is a periodical edition that presents the most important results of scientific activities at academic and branch scientific-research institutions, universities, research - industrial companies, etc.

The main task of the journal is the propaganda of fundamental and applied investigations in the field of technical sciences, and the promotion of their introduction and the acceleration of scientific and technological progress in industry.

The journal is intended for a wide range of scientists, researchers and engineers. It is published once in three months.

ՀՈՂՎԱԾՆԵՐԻ ՁԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ԿԱՆՈՆՆԵՐԸ

Նյութը խմբագրություն ներկայացվում է ըստ հետևյալ պահանջների.

1. Երկու օրինակ, նաև էլեկտրոնային տարբերակով, համակարգչային շարվածքը՝ Microsoft Office Word: Հոդվածի ծավալը կարող է լինել մինչև 10 էջ, հաղորդումներինը՝ մինչև 4 էջ: Տեքստը շարադրվում է A4 չափսի թղթի վրա, աշխատանքային դաշտը՝ Top-5սմ, Bottom-5,1սմ, Left-5,75սմ, Right-1,75սմ, Footer-4,6սմ, միջտողային տարածությունը (Line spacing)՝ 1,1, պարբերությունը (First line)՝ 0,75 սմ: Հայերեն լինելու դեպքում նյութը շարադրվում է Sylfaen տառատեսակով, տառաչափը՝ 10, իսկ ռուսերեն կամ անգլերեն լինելու դեպքում՝ Times New Roman տառատեսակով, տառաչափը՝ 11:

2. Թղթի վերևի ձախ անկյունում գրվում է համապիտանի տասնորդական դարականիշը՝ տեքստին համապատասխան լեզվով (ՀՏԴ, ՄԴԿ, UDC), հաջորդ տողի կենտրոնում՝ գլխատառերով հեղինակ(ներ)ի անվան-հայրանվան սկզբնատառերը և ազգանուն(ներ)ը՝ bold, 10 տառաչափով հայերեն, անգլերեն և ռուսերեն տեքստերի դեպքում: Հոդվածի վերնագիրը տրվում է հեղինակի ազգանվանը հաջորդող տողի կենտրոնում՝ bold, ամբողջությամբ գլխատառերով՝ 10 տառաչափով՝ հայերեն, անգլերեն և ռուսերեն տեքստերի դեպքում:

3. Նյութը սկսվում է ամփոփումով (անտասցիա) այն լեզվով, որով ներկայացված է: Ամփոփումն ավարտվում է առանցքային բառերով՝ տառաչափը՝ 9 հայերեն տեքստի դեպքում և 10 տառաչափով՝ անգլերեն և ռուսերեն տեքստերի դեպքում, և միայն «Առանցքային բառեր» արտահայտությունը՝ bold, italic: Ամփոփումը պետք է լինի 500 նիշից ոչ ավելի՝ ներառյալ միջակայքերը, առանցքային բառերը կամ բառակապակցությունները՝ 4-8 բառ:

4. Երաշխավորվում է նյութի շարադրման հետևյալ կարգը. «Ներածություն», որը պետք է համառոտ ներառի հարցի վիճակը, թեմայի արդիականությունը և հետազոտության նպատակը, «Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը», «Հետազոտության արդյունքները», «Եզրակացություն», անհրաժեշտության դեպքում՝ նաև այլ բաժիններ՝ համապատասխան վերնագրերով:

5. Տեքստում հղումները գրականությանը նշվում են ուղղանկյուն փակագծերով: Բանաձևերը ներկայացվում են նոր տողից, Equation Editor ծրագրով, italic, տառաչափը՝ 11, անհրաժեշտության դեպքում համարակալվում են տողի վերջում՝ սովորական (կոր) փակագծի մեջ:

6. Նկարներն ու աղյուսակները հաջորդում են տեքստում համապատասխան հղումներին: «Նկ. » և «Աղյուսակ» բառերը, նկարների մակագրությունը և աղյուսակների անվանումները գրվում են Italic 9 տառաչափով հայերեն տեքստի դեպքում և 10 տառաչափով՝ անգլերեն և ռուսերեն տեքստերի դեպքում:

7. Տեքստին հաջորդում է գրականության ցանկը՝ 9 տառաչափով հայերեն տեքստի դեպքում և 10 տառաչափով՝ անգլերեն և ռուսերեն տեքստերի դեպքում, միայն հեղինակի ազգանունն ու անվան-հայրանվան սկզբնատառերը՝ bold, «Գրականության ցանկ» արտահայտությունը՝ տողի կենտրոնում, գլխատառերով: Ցանկում գրականության յուրաքանչյուր աղբյուր համարակալվում է ըստ տեքստում իր հղման հերթականության: Գրականության աղբյուրները պարբերական հրատարակությունների դեպքում ներկայացվում են հետևյալ կարգով. հեղինակի ազգանունը, անվան-հայրանվան սկզբնատառերը, վերնագիրը, հանդեսի անվանումը կամ ընդունված հապավումը, հրատարակման տարեթիվը, հատորի ու թողարկման համարները, հերթական համարը, նյութի գետեղման էջերը, գրքերի դեպքում՝ հեղինակի ազգանունը, անվան-հայրանվան սկզբնատառերը, վերնագիրը, հրատարակման վայրը, հրատարակչությունը, թվականը, էջերի քանակը:

8. Գրականության ցանկին հաջորդում են ամփոփումները մյուս երկու լեզուներով (եթե տեքստը հայերեն է, ամփոփումները նախ՝ ռուսերեն, ապա՝ անգլերեն, եթե ռուսերեն է, նախ՝ հայերեն, ապա՝ անգլերեն, եթե անգլերեն է, նախ՝ հայերեն, ապա՝ ռուսերեն): Ամփոփումները բոլոր երեք լեզուներով իրենց բովանդակությամբ և առանցքային բառերով պետք է լինեն նույնական:

9. Տեքստը ստորագրվում է հեղինակ(ներ)ի կողմից, նշվում է նյութը խմբագրություն հանձնելու ամսաթիվը: Տեքստի խմբագրված և սրբագրված տարբերակը համաձայնեցվում է հեղինակ(ներ)ի հետ:

10. Հեղինակ(ներ)ն առանձին էջով ներկայացնում է (են) ազգանուն, անուն, հայրանունը (լրիվ), աշխատավայրի, սովորելու վայրի լրիվ անվանումը, զբաղեցրած պաշտոնը, գիտական աստիճանը, հեռախոսահամարները (աշխատանքային, տան և բջջային):

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Материал представляется в редакцию в соответствии со следующими правилами:

1. Статья в двух экземплярах и файл статьи в формате Microsoft Office Word. Объем статьи не должен превышать 10 страниц, объем сообщений – до 4-х страниц. Формат страницы – А4. Рабочее поле: Top – 5cm, Bottom – 5,1cm, Left – 5,75cm, Right – 1,75cm, Footer – 4,6cm, межстрочный интервал (Line spacing) – 1,1, красная строка (First line) – 0,75cm. Для статьи, написанной на армянском языке, применяется шрифт Sylfaen (размер шрифта - 10), а на русском и английском – Times New Roman (размер шрифта – 11).

2. В левом верхнем углу первого листа указывается универсальный десятичный классификатор (ՀՏԴ, УДК, UDC); строкой ниже - инициалы (И.О.) и фамилия - заглавными буквами, шрифт Bold, размер 10 – на арм., рус. и англ. яз., выравнивание по центру; строкой ниже по центру указывается название статьи – заглавными буквами, шрифт Bold, размер 10 – на арм., рус. и англ. яз.

3. Материал текста начинается с аннотации и представляется на том языке, на котором написана статья. Текст аннотации должен состоять не более чем из 500 знаков, включая пробелы. После аннотации пишутся ключевые слова – от 4-х до 8-и слов или словосочетаний. Размер текста аннотации и ключевых слов 9 – на арм.яз., 10 – на рус. и англ. яз., словосочетание **“Ключевые слова”** - Bold, italic.

4. Рекомендуется следующий порядок изложения материала статьи: введение, в котором должны быть кратко представлены состояние вопроса, актуальность темы и цель исследования; постановка задачи и обоснование методики; результаты исследования; заключение (эти, а при необходимости, и другие разделы должны иметь соответствующие заголовки).

5. Ссылки на литературу в тексте даются в квадратных скобках. Формулы и математические выражения набираются редактором Microsoft Equation, italic, размер – 11. Формулы набираются с новой строки, выравнивание по центру. При необходимости, их нумеруют. Номер формулы располагается в конце строки, в круглых скобках.

6. Рисунки и таблицы располагаются в тексте по ходу ссылки на них. Слова *“Рис.”*, *“Таблица”*, а также названия рисунков и таблиц пишутся italic, размер 9 – на арм.яз., 10 – на рус. и англ. яз.

7. В конце статьи дается список литературы: размер 9 – на арм.яз., 10 – на рус. и англ. яз. Словосочетание **“СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ”** располагается в центре строки заглавными буквами, Bold. Цитированная литература нумеруется в порядке ссылки на нее в тексте. Каждый источник представляется в следующем порядке: в случае ссылки на статью из журнала: **фамилия, инициалы И.О.** - Bold, название статьи, название журнала, место издания, год издания, том и номер издания, с какой по какую страницы занимает статья в этом журнале; в случае ссылки на книгу: **фамилия, инициалы И.О.**, название книги, место издания, название издательства, год издания, общее количество страниц.

8. После литературы представляются аннотации вместе с ключевыми словами на двух других языках. Если статья написана на армянском языке, то сначала дается аннотация на русском языке, затем на английском; если написана на русском языке – соответственно на армянском и английском, а если на английском – соответственно на армянском и русском языках. Содержание аннотаций и ключевые слова должны быть на трех языках одинаковыми.

9. Статья подписывается автором (авторами). В конце статьи ставится дата (число, месяц, год) представления статьи. Отредактированный и откорректированный вариант рукописи согласовывается с автором (авторами).

10. На отдельной странице необходимо представить следующие авторские данные: фамилия, имя, отчество; полное наименование места работы, места учебы; занимаемая должность, ученая степень и звание; номера телефонов (служебный, домашний, мобильный).

RULES FOR PREPARATION OF MANUSCRIPTS

The material should be presented to the editorial staff in accordance with the requirements given below.

1. The authors are requested to submit two hard copies, and also the electronic version of the manuscript by Microsoft Office Word. The volume of scientific paper is limited to 10 pages, and to 4 pages for short communications. The text should be printed on A4 sized paper. The text margins should be: Top – 5cm, Bottom – 5.1 cm, Left – 5.75 cm, Right – 1.75 cm, Footer – 4.6 cm, Line-spacing – 1.1 cm, the first line – 0.75 cm. Texts in Armenian should be printed by the Sylfaen, font size 10, and the texts in by Times New Roman, in font size 10 .

2. On the top left corner, the Universal Decimal Classifier is placed in the language of the manuscript (ՀՏԴ, ՄԴԿ, UDC). The initials and the surname(s) in font size 10, bold for texts in Armenian, English and Russian should be in the centre of the next line. The title should be placed in the centre of the line following the author's surname in font size 10, bold, all in capital letters for texts in Armenian, English and Russian.

3. The text begins with an abstract in the language it is presented. It ends with keywords in font size 9 for texts in Armenian, and in font size 10 for the ones in English and Russian. Only the word “Keywords” should be bold, italic. The summary should not exceed 500 characters including the spaces, the number of keywords or word combinations - 4-8.

4. The papers should include an introduction briefly introducing the state of the problem area, the importance of the subject and the aim of investigation, as well as sections describing the statement of the problem and selection of the methodology, the results of investigation, conclusion (other sections if necessary) with subtitles, and it should end with the list of references.

5. The references in the text should be given in square brackets. The formulae should be introduced by the Microsoft Equation Editor. They should be printed from a new line in italic, font size 11 in the center of the line, and if necessary numbered at the end of the line in round brackets..

6. Figures and tables should follow their references given in the text. The words “Fig”, “Table”, the figure inscriptions and the table names should be printed in italic, in font size 9 for texts in Armenian, and in font size 10 for texts in English and Russian.

7. The text is followed by the references in font size 9 for texts in Armenian and in font size 10 for texts in English and Russian. Only the author's initials and surname should be bold. The word “References” should be placed in the centre of the line in capital letters. In the list of references, each source should be enumerated according to its reference number in the text. For the periodicals, the references should be introduced in the following style: the author's surname, initials, title, year, numbers of the volume and issue, page numbers, and for books – the authors names, full title, publication place, publisher, year, total number of pages.

8. The references are followed by the abstracts in the other two languages. If the text is in Armenian, the abstracts should be first in Russian and then in English. The text in Russian should be followed first by Armenian and then by English abstracts, while the texts in English should be followed first by Armenian, then by Russian abstracts. The abstracts in all the three languages should be identical in content and keywords.

9. The manuscript should be signed by the author(s) with indication of the submission date. The edited and proofread version of the manuscript should be agreed upon by the author(s).

10. On a separate page, the author(s) should introduce his/her/their full surname(s), name(s), patronymic(s); the full name(s) of employment place, educational institution; the position occupied scientific degree, telephone numbers (office, home, mobile).

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ
ԵՎ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ

Տ Ե Ղ Ե Կ Ա Գ Ի Ր

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК АРМЕНИИ И НАЦИОНАЛЬНОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА АРМЕНИИ

СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

PROCEEDINGS

OF THE REPUBLIC OF ARMENIA NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES AND
NATIONAL POLYTECHNIC UNIVERSITY OF ARMENIA

SERIES OF TECHNICAL SCIENCES

2023

2

ՀԱՏՈՐ

ТОМ 76
VOLUME

ԱՊՐԻԼ – ՀՈՒՆԻՍ

АПРЕЛЬ – ИЮНЬ
APRIL - JUNE

Հրատ. Խմբագիր՝

Խմբագիրներ՝

ԺԱՆՆԱ Ս. ՄԵՅՐԱՆՅԱՆ

Հ.Ց. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

Հ.Զ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

Ստորագրված է տպագրության՝ 09.10.2023

Թուղթը՝ «օֆսեթ»։ Տպագրությունը՝ դիզոն: Ֆորմատ՝ (70×100) 1/16:

Շարվածքը՝ համակարգչային:

Տառատեսակը՝ Sylfaen, Times New Roman: 7.75 տպ. մամ.:

Պատվեր՝ 244: Տպաքանակ՝ 150

Հայաստանի Ազգային

Պոլիտեխնիկական

Համալսարանի

«Պոլիտեխնիկ»

տպագրահրա-

տարակչություն

Երևան, Տերյան 105

Типографско-

издательский центр

«Политехник»

Национального

политехнического

университета Армении

Ереван, ул. Теряна 105,

“Polytechnic” Publishing – House

National Polytechnic University of
Armenia

105 Teryan str. Yerevan

polytechpolygraph@gmail.com