

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՂԱԶԱՐՅԱՆ Անուշ Աշոտի

**ԿԻՐՃԵՐՈՒՄ ԿԱԶՄԱՎՈՐՎՈՂ ՄԱԿԱՐԱՑՄԱՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ
ԲԱԶՄԱՍՏԻՃԱՆ ԼՅԱԿՈՒՅՑԵՐԻ ԼԱՐՎԱԾԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿԻ ԾԱՎԱԼԱՅԻՆ
ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ**

ԻԴ.02.01 - «Օգտակար հանածոների հանքավայրերի մշակում և
շահագործում» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների
թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ

КАЗАРЯН Ануш Ашотовна

**ФИЗИЧЕСКОЕ ОБЪЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО
СОСТОЯНИЯ МНОГОЯРУСНЫХ ОТВАЛОВ СФОРМИРОВАННЫХ В
УЩЕЛЬЯХ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности ԻԴ.02.01 – "Разработка и эксплуатация месторождений
полезных ископаемых"

ЕРЕВАН 2023

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի (ՀԱՊՀ) գիտական խորհրդի կողմից:
Գիտական ղեկավար՝ տեխ. գիտ. դոկտոր, Լևոն Անդրանիկի Մանուկյան
ավ. գիտ. աշխ.

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Արմեն Հենրիկի Հովհաննիսյան
տեխ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ Հայկ Հարությունի Ալավերդյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի պետական համալսարան:

Պաշտպանությունը կայանալու է 2023թ. սեպտեմբերի 20-ին, ժամը 14⁰⁰-ին
Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի
«Մետալուրգիա և նյութագիտություն» մասնագիտական խորհրդի (թվանիշ 031)
«Օգտակար հանածոների հանքավայրերի մշակում» ենթախորհրդի (թվանիշ՝
ԻԴ.02.01) նիստում:

Հասցեն՝ 0009, ք. Երևան, Տերյան փ. 105:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ-ի գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2023թ. հուլիսի 26 -ին:

031 մասնագիտական խորհրդի գիտական
քարտուղար, տեխն. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր



Ա.Մ. Հովհաննիսյան

Тема диссертации утверждена ученым советом Национального политехнического
уни-верситета Армении (НПУА).

Научный руководитель: доктор техн. наук,
ст. науч. сотрудник

Левон Андраникович Манукян

Официальные оппоненты: доктор. техн. наук, проф. Армен Генрикович Оганесян
кандидат. техн. наук, доцент Айк. Арутюнович Алавердян

Ведущая организация: Ереванский государственный университет

Защита диссертации состоится "20" сентября 2023г. в 14⁰⁰ч на заседании подсовета

“Разработка и эксплуатация месторождений полезных ископаемых” (шифр
ԻԴ.02.01) Специализированного совета “Металлургия и материаловедение” (шифр
031) ВАК РА, действующего при Национальном политехническом университете
Армении, по адресу: 0009, г. Ереван, ул. Теряна, 105.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.

Автореферат разослан «26» июля 2023г.

Ученый секретарь Специализированного совета,
доктор. техн. наук, профессор



А.М. Оганесян

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅԱՆ ԸՆՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Աշխատանքի հրատապությունը և արդիականությունը: Հայաստանի Հանրապետության լեռնային բացահանքերի անվտանգ ու շահավետ գործունեությունը զգալիորեն պայմանավորված է մակաբացման ապարների տեղադրման ռացիոնալ եղանակների մշակման և ներդրման հետ, հաշվի առնելով լցակույտագոյացման տարածքի ռեիեֆային պայմանները, ինչպես նաև շրջակա միջավայրի պահպանմանը ներկայացվող ժամանակակից պահանջները: Բազմաստիճան ապարային լցակույտերի տեղադրման տեղի ընտրության և լցակույտերի կառուցման հետ կապված տեխնոլոգիական հարցերի լուծումը լեռնային ոլորտի մասնագետների համար շարունակում են մնալ որպես պատասխանատու և դժվար լուծելի խնդիր:

Մակաբացման ապարների բազմաստիճան լցակույտերի անվտանգ կազմավորումը ռեիեֆային բարդ պայմաններում հանգեցնում է ապարային լցակույտերի մեջ լարվածադեֆորմացիոն դաշտերի առաջացման, դրանց տարածման և ապարային զանգվածների ամրության ցուցանիշների փոփոխության հետ, ինչը բնորոշում է բազմաստիճան լցակույտում տեղադրվող ապարների ծավալներն ու կայունությունը: Կիրճերում կազմավորվող բազմաստիճան լցակույտերի համար կարևոր նշանակություն ունի լցակույտի գլխավոր պարամետրերի որոշումը, կապված կիրճի կողային նիստերի պարամետրերի, մասնավորապես դրանցով կազմված երկնիստ անկյան մեծության հետ: Կիրճի կողային նիստերի կողմից լցակույտում մակաբացման ապարների լարվածային վիճակի ուսումնասիրման համար ներկայումս հայտնի տեխնիկական սարքերն ու լուծումները կիրառելի չեն կիրճերում տեղադրվող մակաբացման ապարների լցակույտերի ապարային զանգվածի լարվածային վիճակի հետազոտման համար: Այդ կապակցությամբ անհրաժեշտություն է առաջանում մշակել եռաչափ մոդելավորման ստենդ, ինչը հնարավորություն է տալիս միմյանցից անկախ փոփոխել մոդելային ստենդի կողային նիստերի հորիզոնի նկատմամբ թեքության անկյունները: Նոր մոդելային ստենդի մշակումը և կառուցումը հնարավորություն է տալիս ֆիզիկական մոդելավորման միջոցով լցակույտային ապարների համարժեք նյութի մեջ որոշել լարվածային վիճակի փոփոխությունների օրինաչափությունները, կախված մոդելային ստենդի նիստերի հորիզոնի նկատմամբ թեքություններից: Այդ կապակցությամբ ատենախոսության թեման՝ նվիրված կիրճերում կազմավորվող մակաբացման ապարների բազմաստիճան լցակույտի ապարային զանգվածի լարվածային վիճակի և կայունությունը բնորոշող ուժերի ազդեցության փոփոխության օրինաչափությունների գնահատման մեթոդիկայի մշակումն է, կախված կիրճի կողային նիստերի կազմած երկնիստ անկյան մեծությունից, արդիական խնդիր է:

Հետազոտման նպատակը և խնդիրները: Ատենախոսական աշխատանքի նպատակը կիրճերում կազմավորվող մակաբացման ապարների բազմաստիճան լցակույտի ապարային զանգվածի լարվածային վիճակի և կայունությունը բնորոշող ուժերի ազդեցության փոփոխության օրինաչափությունների գնահատման մեթոդիկայի մշակումն է, կախված կիրճի կողային նիստերի կազմած երկնիստ անկյան մեծությունից:

Առաջադրված նպատակին հասնելու համար լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

- կիրճերում կազմավորվող բազմաստիճան լցակույտերի ապարային զանգվածում լարվածությունների տեղաբաշխման որոշման եռաչափ մոդելային նոր ստենդի մշակում և պատրաստում,

- ֆիզիկական մոդելում համարժեք նյութի ամրության հիմնական բնութագրիչների որոշում և ընթացող պրոցեսների նմանության չափանիշների ընտրություն,

- կիրճերում կազմավորվող բազմաստիճան լցակույտերի մոդելի համարժեք նյութում լարվածությունների տեղաբաշխման օրինաչափությունների հետազոտում, կախված կիրճի կողային մակերևույթների թեքության անկյուններից,

- ապարային լցակույտի զանգվածում կիրճի կողային նիստերի կողմից սեղմող ուժերի ազդեցությունից առաջացող լարվածությունների տեղաբաշխման օրինաչափությունների գնահատում և լցակույտի սեյսմակայունության որոշման մեթոդիկայի մշակում:

Պաշտպանության ներկայացվող աշխատանքի հիմնական գաղափարը: Առաջադրված խնդիրների լուծման նպատակով մշակվել է եռաչափ ֆիզիկական մոդելային ստենդ, որը հնարավորություն է տալիս կախված հորիզոնի նկատմամբ կիրճի կողային նիստերի թեքություններից, մոդելավորման հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա բացահայտել կիրճում կառուցվող մակաբացման ապարների բազմաստիճան լցակույտում լարվածությունների տեղաբաշխման օրինաչափությունները և դրա հիման վրա հիմնավորել լցակույտում տեղադրվող մակաբացման ապարների ռացիոնալ ծավալները:

Պաշտպանությանը ներկայացվող հիմնական դրույթները.

1. Կիրճում կազմավորվող բազմաստիճան լցակույտի ապարներում ֆիզիկական մոդելային հետազոտություններով լարվածությունների տեղաբաշխման ուսումնասիրման օբյեկտիվությունը զգալիորեն պայմանավորված է մոդելային ստենդի կառուցվածքով:

2. Կախված կիրճի կողային նիստերի բնական թեքություններից և դրանցով կազմված երկնիստ անկյան մեծությունից, ապարային զանգվածում

լցակույտի կազմավորման ընթացքում ի հայտ են գալիս լցակույտի ապարների լարվածային վիճակի վրա ազդող կողային սեղմող ուժեր:

3. Կիրճում կազմավորվող բազմաստիճան լցակույտի եռաչափ մոդելի համարժեք նյութում հայտնաբերված կողային հակազդող սեղմող ուժերի հաշվի առնելը բարձրացնում է լցակույտի կայունության որոշման ճշտությունը:

4. Կիրճի կողային նիստերի կողմից սեղմող լարվածային ուժերից լցակույտի ապարային զանգվածի ամրության ցուցանիշների փոփոխության հաշվի առնելը բերում է լցակույտում տեղադրվող մակաբացման ապարների ռացիոնալ ծավալների որոշմանը:

Աշխատանքի գիտական նորույթը

- մշակվել և կառուցվել է կիրճում կազմավորվող բազմաստիճան լցակույտի ապարային զանգվածի լարվածային վիճակի ֆիզիկական մոդելավորման մեթոդով հետազոտման եռաչափ մոդելային նոր ստենդ,

- մոդելային հետազոտություններով հայտնաբերվել են մակաբացման ապարների բազմաստիճան լցակույտի զանգվածի լարվածային վիճակի վրա կիրճի կողային նիստերի կողմից հակազդող սեղմող ուժեր,

- մշակվել են լցակույտի ապարային զանգվածում կողային լարվածային ուժերի փոփոխության կախվածությունները կիրճի կողային նիստերի թեքություններից և վերջիններիս կազմած երկնիստ անկյուններից,

- կախված կիրճի կողային նիստերի թեքության անկյուններից, մոդելային հետազոտություններում մշակվել է համարժեք նյութի կենտրոնական առանցքային հարթության մեջ տենզոտվիչների տեղադրման եղանակ,

- մշակվել է մակաբացման ապարների բազմաստիճան լցակույտի ապարային զանգվածի լարվածային վիճակի և վերջինիս կայունությունը բնորոշող ուժերի փոխազդեցության օրինաչափությունների գնահատման մեթոդիկա:

Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը: Բարդ ռելիեֆային պայմաններում լեռնային բացահանքերի շահագործման արդյունավետության բարձրացումը, կիրճերում մակաբացման ապարների լցակույտերի ռացիոնալ կազմավորումը և հետագա անվտանգ շահագործումը զգալիորեն կախված են տվյալ ատենախոսական աշխատանքում մշակված գիտական և գիտատեխնիկական լուծումների և առաջարկությունների օգտագործմամբ ու ներդրմամբ: Դա հնարավորություն է տալիս դեռ նախագծային փուլում որոշել կիրճերում կազմավորվող լցակույտերի օպտիմալ տարողունակությունը: Բացի դրանից, ատենախոսությունում դրված և լուծված խնդիրների համաձայն բազմաստիճան լցակույտերի ռացիոնալ պարամետրերի որոշման առաջարկված մեթոդի շնորհիվ հնարավոր է դառնում գնահատել մակաբացման ապարների լցակույտի լարվածային վիճակը և կայունությունը բնորոշող ուժերի

փոխհարաբերությունը հաշվի առնելով կիրճի կողային նիստերի հակազդող ուժերի ազդեցությունը:

Աշխատանքի արդյունքների փորձարկումը: Ատենախոսության աշխատանքի հետազոտությունների հիմնական գիտական արդյունքները և դրույթները զեկուցվել և քննարկվել են գիտատեխնիկական ժողովներում: Ատենախոսության թեմայով հրատարակվել է 11 գիտական աշխատանք, որոնցից երեքը առանց համահեղինակների, ստացվել է Հայաստանի Հանրապետության մեկ արտոնագիր:

Աշխատանքի արդյունքների փորձարկումը և հրապարակումները: Ատենախոսության աշխատանքի հիմնական հետազոտությունների գիտական արդյունքները և դրույթները զեկուցվել և քննարկվել են գիտատեխնիկական գիտաժողովներում:

Ատենախոսության հիմնական դրույթները և արդյունքները հրատարակված են 11 գիտական աշխատանքներում, որոնցից երեքը հեղինակային է: Թեմայի վերաբերյալ ստացված է գյուտի ՀՀ արտոնագիր:

Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը: Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլխից, ընդհանուր եզրակացություններից, 105 անուն օգտագործված գրականության ցանկից: Այն շարադրված է 119 հանակարգչային տպագիր էջի վրա, ներառում է 35 նկար և 21 աղյուսակ:

ԱՏԵՆԱՒՈՍՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ներածությունում հիմնավորվել է հետազոտվող թեմայի արդիականությունը և շարադրված է աշխատանքի հիմնական դրույթների համառոտ բնութագիրը, ձևակերպվել են հետազոտության նպատակն ու խնդիրները, ցույց են տրվել աշխատանքի գիտական նորույթն ու գործնական նշանակությունը:

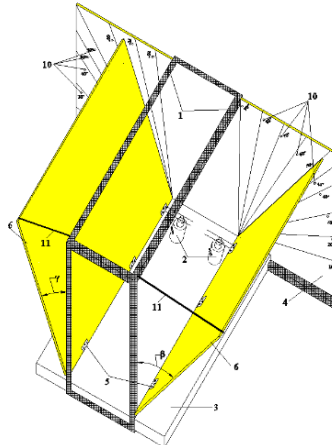
Առաջին գլխում բերված է բարդ ռեփեֆային պայմաններում տեղադրված ՀՀ և արտասահմանյան երկրների լեռնահանքային ձեռնարկություններում բազմաստիճան լցակույտերի կազմավորման և շահագործման ընթացքում տեղի ունեցած դեֆորմացիաների, ինչպես նաև փլուզումների հետևանքով աղետների առաջացման հետևանքների և պատճառների վերլուծությունը: Ցույց է տրվել, որ ՀՀ լեռնային բացահանքերի շահագործման պրակտիկայում բազմաստիճան լցակույտերում փլուզումները հիմնականում պայմանավորված են եղել լցակույտերի հիմքում թույլ գրունտների չհեռացման պատճառով, իսկ լցակույտերի բարձրությունների հետագա մեծացումը հանգեցրել է ոչ միայն լցակույտերի աստիճանների, այլ թեք հիմքով ամբողջ լցակույտային զանգվածի դեֆորմացիայի առաջացմանը: Ցույց է տրվել լցակույտի կազմավորման ժամանակ վերջինիս գլխավոր պարամետրերի որոշ-

ման և կայունության բարձրացման նպատակով, նախագծման աշխատանքներում լցակույտի կազմավորման տարածքի երկրամեխանիկական մի շարք ցուցանիշների բնութագման անհրաժեշտությունը: Բացի դրանից, առաջ է քաշվել կիրճերում և թեք հիմքի վրա լցակույտի ապարային զանգվածում լարվածային վիճակի գնահատման և դրա հիման վրա բազմաստիճան լցակույտի ուսցիոնալ պարամետրերի որոշման մեթոդի ընտրման անհրաժեշտությունը: Ներկայացվել է բարդ ռելիեֆային պայմաններում կազմավորվող լցակույտերի ապարային զանգվածում հետազոտողների կողմից լարվածությունների որոշման համար կիրառվող մոդելավորման մեթոդների վերլուծությունը: Կարևորվել է ծավալային մոդելավորման մեթոդի կիրառումը կիրճերում կազմավորվող լցակույտերի զանգվածում, կիրճի կողային նիստերից հակազդող լարվածությունների մեծության և ապարային զանգվածում դրանց տեղաբաշխման օրինաչափությունների որոշման ժամանակ:

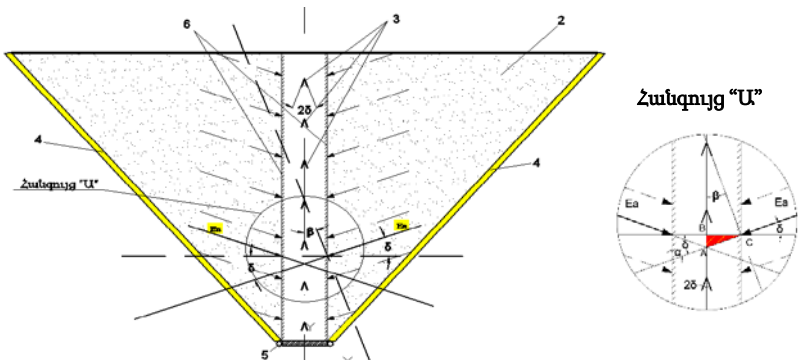
Երկրորդ գլխում մոդելավորման հետազոտությունների կատարման պահանջներին համապատասխան ընտրվել է համարժեք նյութի տարբեր բաղադրամասեր, որոնք իրենցից ներկայացնում են հաստատուն չափամասերով ավազի և տրանսֆորմատորային յուղի խառնուրդներ: «Ձանգեզուրի ՊՄԿ» ՓԲԸ-ն կողմից «Ձորատեղ» կիճում կազմավորված բազմաստիճան լցակույտի աստիճանի վրա դաշտային պայմաններում պատրաստված հատուկ պրոֆիլի շուրֆերում լեռնային զանգվածի բնամասի կտրման միջոցով որոշվել է լցակույտում տեղադրված մակաբացման ապարների ամրության ցուցանիշները և ընտրվել է ֆիզիկական մոդելավորման համար օգտագործվող համարժեք նյութի տեսակը: Որոշվել է մոդելավորման համար ընտրված գետային լվացված և օդաչոր ավազից և նրան, ըստ զանգվածի, խառնված տրանսֆորմատորային յուղից ստացված համարժեք նյութի մասնիկների ներքին շփման անկյունն (φ) ու կապակցվածությունը (C): Փորձարկումներից առաջ նմուշները “Matest” ընկերության սարքի օղակներում նախապես ենթարկվել են խտացման 0,1, 0,2 և 0,3 ՄՊա ուղղաձիգ լարումների տակ:

Երրորդ գլխում ներկայացված է մշակված և կառուցված նոր, եռաչափ մոդելավորման ստենդը, որն ունի հիմքի նկատմամբ թեքվելու հնարավորություն ունեցող ուղղանկյուն պրիզմայի տեսքով հիմնակմախք, որի վերևի և թեքման ուղղությամբ դիմացի պատերը բաց են (<< գյուտի արտոնագիր № 3350A) և ցույց է տրված նկ.1-ում: Տվիչները տեղակայվում են հիմնակմախքի կողերով փակ պատերով ձևավորված ծավալում լցված համարժեք նյութի զանգվածի առանցքով, կողային պատերը հիմքի հետ կապված են հորիզոնական հողակապերով: Համարժեք նյութի զանգվածի կենտրոնական առանցքային ուղղաձիգ հարթության ամբողջ բարձրությամբ տվիչները տեղակայվում են զույգված և իրար նկատմամբ թեքված են համարժեք նյութի և կեն-

տրոնական ուղղաձիգ հարթության շփման անկյան կրկնապատիկի չափով (Նկ. 2): Մոդելային ստենդում լցված համարժեք նյութի մեջ համաձայն Կուլոնի տեսության՝ գրունտների լրիվ ճնշման համազորի (E) կիրառման ուղղությունը որոշվում է հենապատի կողմի տարած ուղղահայացից E-ի շեղման անկյունով, ինչը ընդունվում է հավասար գրունտի՝ կենտրոնական առանցքային հարթության հետ շփման ծ անկյանը: Մոդելի համարժեք նյութում լարվածությունների չափման համար ընտրված թենզոտվիչները անցել են ստուգաչափում ՀՀ «Ստանդարտացման և չափագիտության ազգային մարմին» ՓԲԸ-ում:



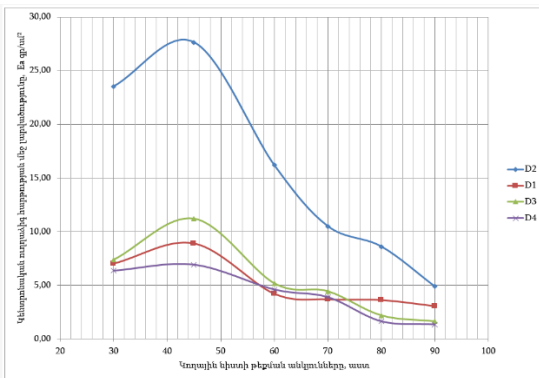
Նկ. 1. Եռաչափ մոդելավորման ստենդի կառուցվածքի ընդհանուր տեսքը



Նկ. 2. Մոդելային ստենդում կենտրոնական ուղղաձիգ հարթությունում լարվածությունների գրանցման տվիչների տեղադրման թեքության անկյունը գրունտի լրիվ կողային E_a ճնշման նկատմամբ. 1-հիմնակմախք, 2-համարժեք նյութ, 3-գրանցման տվիչներ, 4-ստենդի կողային պատ, 5-կողերը դրսի կողմից հիմքի հետ ամրացման հորիզոնական հողակապեր, 6-կենտրոնական ուղղաձիգ հարթություն

Մոդելում տեղադրվող բոլոր թենզոտվիչները և դեֆորմացիաների գրանցման սարքերը չափագրվել են, որի արդյունքում անեն մի սարքի համար մշակվել է չափագրման գրաֆիկ, ինչը հանդիսանում է այդ սարքի անձնագիրը: Որոշվել է գրունտի լրիվ ճնշման համագորը (Ea) և գրունտի կենտրոնական առանցքային հարթության հետ շփման ծանկյունը:

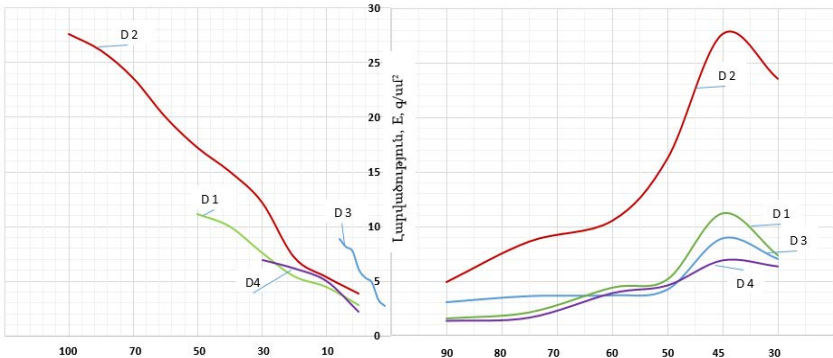
Որոշվել և հիմնավորվել է տվիչների տեղադիրքը համարժեք նյութի կենտրոնական առանցքային հարթության մեջ: Մոդելում լարումների տեղաբաշխման կայունացման պրոցեսի ավարտից հետո թենզոմետրիկ սարքով կատարվել է D1, D2, D3 և D4 տվիչների դիմադրությունների փաստացի արժեքների որոշում՝ մոդելային ստենդի ուղղաձիգ առանցքի նկատմամբ կողային շարժական նիստերի կազմած 0, 10, 20, 30, 40, 45, 50, 60, 70, 80 և 90° անկյունների դեպքում: Նկ. 3-ում բերված կախվածությունները ցույց են տալիս, որ մոդելում համարժեք նյութում տեղադրված տվիչների վրա կողային նիստերից առավելագույն լարվածությունը առաջանում է, երբ մոդելի շարժական նիստերի թեքության անկյունները մոդելի ուղղաձիգ առանցքի նկատմամբ կազմում է 45°: Վերջինիս հետագա մեծացումը հանգեցնում է մոդելային ստենդի համարժեք նյութի բոլոր շերտերում տեղադրված տվիչների վրա լարվածությունների նվազեցմանը: Մոդելային ստենդի նիստերի թեքության անկյունների, տվիչների գրանցած լարվածությունների և համարժեք նյութում տվիչների տեղադրման խորությունների միջև կախվածությունների նոմոգրաման ցույց է տրված նկ. 4-ում:



Նկ. 3. D1, D2, D3 և D4 տվիչներով գրանցված լարվածությունները Ea, մոդելի նիստերի տարբեր թեքության անկյունների դեպքում

Չորրորդ գլխում ցույց է տրված ատենախոսությունում կատարված ծավալային մոդելային հետազոտությունների արդյունքների կիրառումը «Ջանգեգուրի ՊՄԿ» ՓԲԸ «Ձորատեղ» կիրճում կառուցվող բազմաստիճան լցա-

կույտի պայմաններում, հաշվի առնելով այս երկրատեխնիկական ռիսկային կառույցի համար ելակետային տվյալների նկատմամբ անհրաժեշտ բարձր պահանջները: Այստեղ լցակույտային զանգվածի մեջ բացի հնարավոր սահքի մակերևույթի տեղի որոշմանը ներկայացվող ընդհանուր պահանջներից, հաշվի է առնվել նաև կիրճի կողային նիստերի կողմից փոխանցվող լարվածությունները: Եռաչափ ֆիզիկական մոդելավորումից կիրճի կողային նիստերից



Համարժեք նյութի լիցքի բարձրությունը, փվիչի վրա սմ Կողային նիստի թեքության անկյունները՝ α, աստի

Նկ. 4. Մոդելային ստենդի նիստի թեքության անկյունների, տվիչների գրանցած լարվածությունների և համարժեք նյութում տվիչների տեղադրման խորությունների միջև կախվածությունների նոմոգրաման.

- D1 տվիչի կախվածության կոր, — D3 տվիչի կախվածության կոր,
- D2 տվիչի կախվածության կոր, — D4 տվիչի կախվածության կոր

մոդելի կենտրոնական առանցքային հարթության վրա ազդող կողային հայտնաբերված ուժերի տվյալների հիման վրա, «Ձորատեղ» կիրճում կազմավորվող լցակույտի ապարներում որոշվել է կիրճի կողերից ազդող սեղմող լարվածությունների բացարձակ արժեքները բնական պայմաններում, համաձայն հայտնի արտահայտության.

$$\sigma_m = \lambda_g \times \frac{\gamma_m}{\gamma_n} \times \sigma_n,$$

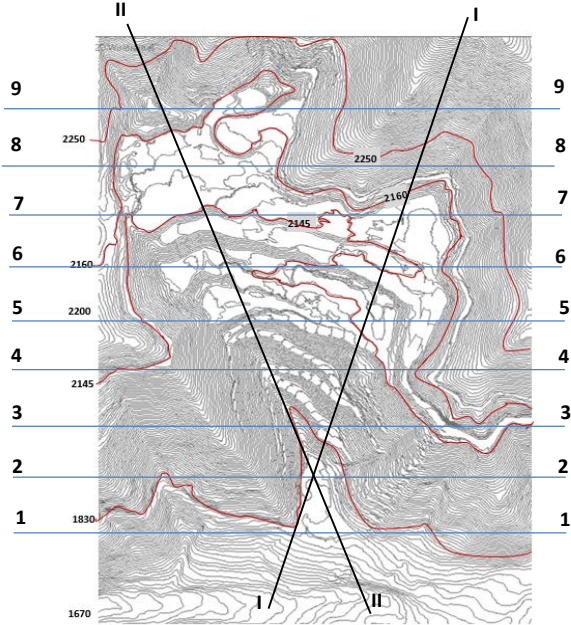
որտեղ σ_m -ը մոդելի համարժեք նյութում հայտնաբերված լարվածության մեծությունն է, $q/սմ^2$, σ_n -ը՝ բնական պայմաններում լցակույտի ապարային զանգվածում լարվածության մեծությունը, $q/սմ^2$, γ_m -ը՝ մոդելում համարժեք նյութի խտությունը, $\gamma_n=1,7$ $q/սմ^3$, γ_n -ը՝ լցակույտի ապարային զանգվածի խտությունը, $\gamma_n = 2,3$ $q/սմ^3$, λ_g -ն՝ մոդելավորման գծային մասշտաբը, $\lambda_g=1:300$:

Համաձայն վերևում բերված արտահայտության, կիրճի կողային նիստերի անկյունների տարբեր թեքությունների համար որոշվել է բնական պայ-

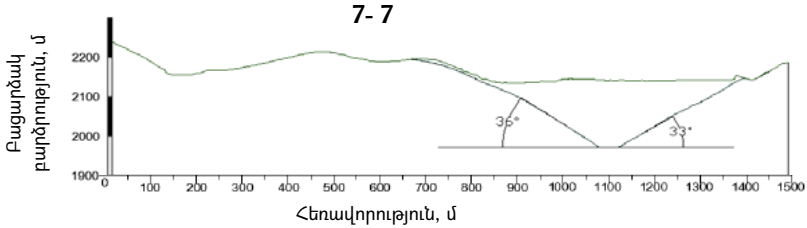
մաններում լցակույտի մարմնի ապարային զանգվածում առաջացող լարվածային ուժերը: Մոդելային հետազոտություններով պարզվել է, որ կիրճի կողային նիստերի կողմից լցակույտի ապարային զանգվածի լարվածության վրա ազդեցության տեսանկյունից առավել հետաքրքրություն են ներկայացնում այն լցակուտատակ տարածքները, որտեղ կիրճի կողային նիստերի թեքության անկյունը մեծ է 30⁰-ից: «Ձորատեղ» կիրճի լցակույտի տարածքի հատակի հատակագիծը բերված է նկ. 5-ում, իսկ կիրճի ընդլայնական կտրվածքներից 7-7 կտրվածքը՝ նկ. 6-ում: Վերջիններիցս երևում է, որ կիրճի կողային նիստերի թեքության անկյունները տատանվում են 33...36⁰ սահմաններում: Այստեղ անհրաժեշտ է նշել, որ լցակույտի 2017...1817 մ աստիճանների միջև կիրճի կողային նիստերի անկյունները հորիզոնի նկատմամբ ունեն 0...10⁰ թեքություն, դրա հետ կապված՝ կիրճի կողային նիստերից վերոհիշյալ միջակայքի ապարային զանգվածի վրա փոխանցվող լարվածությունների արժեքները շատ փոքր լինելու պատճառով հանվել են հետագա հետազոտություններից: Որպես օրինակ ընտրված «Ձորատեղ» կիրճում կազմավորվող լցակույտի կայունության որոշման մեթոդիկան, որտեղ հաշվի են առնվում կիրճի կողային նիստերի կողմից սեղմող լարվածային ուժերը:

Ատենախոսությունում «Ձորատեղ» կիրճում կազմավորվող լցակույտի կայունության որոշումը հիմնական և դինամիկ բեռնվածքներից կատարվել է "GeoStudio" ծրագրի միջոցով՝ Մորգենշտերն-Պրայսի հաշվարկային եղանակով I-I և II-II կտրվածքներով, բերված, համապատասխանաբար, նկ. 7 և նկ. 8-ում: Նշված կտրվածքների կորագլանային մակերևոյթներով և լցակույտի 2017...2050 մ աստիճանների միջև գտնվող ապարային զանգվածը բաժանված է հաշվարկային բլոկների, որոնք բացի իրենց սեփական զանգվածներից միաժամանակ գտնվում են կիրճի կողային նիստերից փոխանցվող լարվածությունների ազդեցության տակ: «Ձորատեղ» կիրճում տեղադրված լցակույտի հնարավոր փլուզման կորագլանային սահքի մակերևոյթի վրա 1...10 տարրական բլոկներում տեղադրված D1...D10 տվիչների համար մոդելային հետազոտություններով որոշվում են այն լարվածությունները, որոնք մոդելավորմանը ներկայացվող պահանջներին համապատասխան գրանցվել են համարժեք նյութում տեղադրված տվիչներով մոդելի կողային նիստերի թեքության տարբեր անկյունների դեպքում, պարտադիր պայման ընդունելով մասշտաբի պահպանումը և այն, որ յուրաքանչյուր տարրական բլոկի համար մոդելի կողային նիստերի թեքության անկյունները պետք է համապատասխանեն կիրճի կողերի թեքության անկյուններին, նախապես որոշված նկ. 5-ում ցույց տրված կտրվածքներով: Ատենախոսությունում լուծվել է տարածական խնդիր, մոդելային ուսումնասիրությունների հիման վրա, որոշվել է լցակույտային զանգվածի կայունության պաշարի գործակիցը ընտրված կորագլանային կրի-

տիկական սահքի մակերևութի համար: Որոշվել է I-I և II-II երկայնական կտրվածքներով «Ձորատեղ» կիրճում նախագծային վերջնական տվյալներով կառուցվող ապարային լցակույտի կայունությունը հաշվի առնելով դիտարկվող D1...D11 տարրական բլոկների վրա կիրճի կողային նիստերից լցակույտային ապարային զանգվածին փոխանցվող լարվածությունները, ստատիկ և դինամիկ բեռնվածքների ազդեցություննից:



Նկ. 5. «Ձորատեղ» կիրճի հատակագիծը և ընդլայնական 1-1...9-9 կտրվածքները



Նկ. 6. «Ձորատեղ» կիրճի լցակույտի հատակի հատակագծի ընդլայնական 7-7 կտրվածքը

Հաշվարկները կատարվել են համաձայն լցակույտային զանգվածի ֆիզիկամեխանիկական բնութագրիչների նախկինում որոշված տվյալների, որոնք բերված աղ.2-ում: Կորագլանային մակերևույթներով առանձնացված յուրաքանչյուր տարրական բլոկ դիտարկվել է որպես 1մ լայնությամբ պրիզմա, որ հիմքի վրա կիրճի կողային լարվածային ազդող ուժերը որոշվում են օգտվելով հայտնի արտահայտությունից:

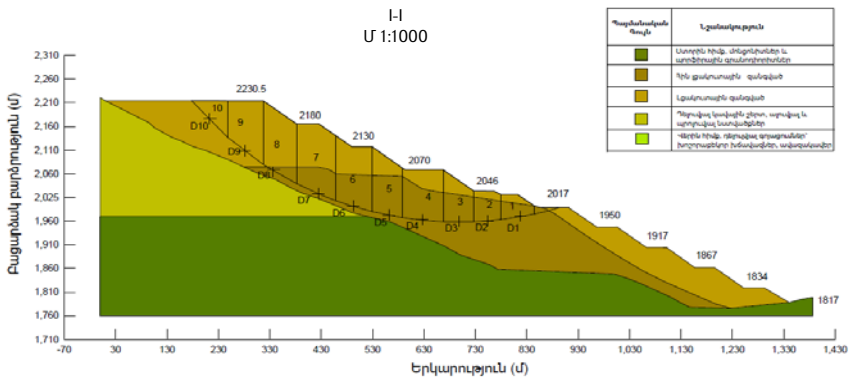
$$F = \sigma_n \times S_b,$$

որտեղ σ_n -ը բնական պայմաններում լարվածության մեծությունն է, u/ρ^2 , S_b -ն՝ միավոր լայնությամբ պրիզմայաձև բլոկի հիմքի մակերեսը, մ²:

Աղյուսակ 2

Լցակույտային գրունտների ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշները

Գրունտների անվանումը	Մասնիկների ներքին շփման անկյունը՝ ϕ , աստ.	Կապակցվածությունը՝ C , ՄՊա	Բնական խտությունը՝ γ , գ/սմ ³
մակաբացման ապարներ	33,0	0,015	2,32



Նկ.8. «Ձորատեղ» կիրճում կազմավորվող բազմաստիճան լցակույտի երկայնական I-I կտրվածքը

Ատենախոսությունում մշակված մեթոդիկայի համաձայն, լցակույտի ապարային զանգվածի հնարավոր սահքի մակերևույթներով առանձնացված յուրաքանչյուր տարրական բլոկի համար որոշվում է բլոկի պարամետրերը, հաշվի առնելով նաև կիրճի կողային նիստերի թեքության անկյուններից կախված լցակույտի ապարային զանգվածի վրա ազդող սեղմող ուժերի մեծությունները, որոնք բերված են աղ. 3-ում և աղ. 4-ում: Հաշվի առնելով ՀՀ տարածքում սեյսմակայում շինարարության նորմերի մեթոդական ցուցումների պահանջները, հաշվարկվել է լցակույտի կայունությունը և արդյունքները ներկայացված են ստորև. աղ. 5-ում և աղ. 6-ում:

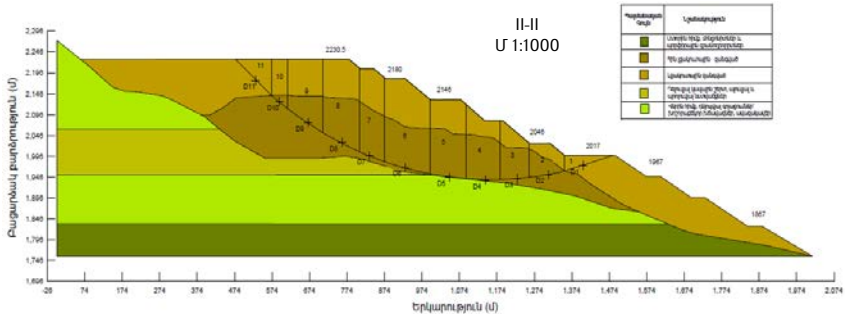
Լցակույտի տարրական բլոկում առաջացող հաշվարկային լարվածությունները կախված մոդելում տվիչների գրանցած լարվածությունների արժեքներից և կիրճի կողային նիստերի թեքության անկյուններից I-I կտրվածքի համար

Լցակույտի տարրական բլոկներում տեղադրված տվիչները	Կիրճի կողային նիստերի թեքության անկյունը՝ α , աստ.		Լցակույտում տարրական բլոկի բարձրությունը՝ H, մ	Տվիչների գրանցած լարվածությունը մոդելի համարժեք նյութում՝ $E\epsilon$, գ/սմ ²		Լցակույտի տարրական բլոկում առաջացող հաշվարկային լարվածությունները՝ σ_n , տ/սմ ²		Տարրական բլոկի վրա ազդող F ուժը, տ	
	ծախ նիստ	աջ նիստ		ծախ նիստ	աջ նիստ	ծախ նիստ	աջ նիստ	ծախ նիստ	աջ նիստ
	D1	29		35	50	8,7	11,3	35,31	45,86
D2	60		9,05		12,72	36,73	51,63	2203,94	3097,69
D3	32	24	90	9,85	6,3	39,98	25,57	3598,15	2301,35
D4			100	10,3	8,4	41,81	46,27	4180,59	4627,06
D5	28	33	110	13,9	14,2	56,42	57,64	6205,94	6339,88
D6			125	14,46	15,0	58,69	60,88	7336,32	7610,29
D7	36	33	150	18,8	18,4	76,31	74,68	11445,88	11202,35
D8	34	35	120	18,0	18,03	73,06	73,18	8767,06	8781,67
D9	33	31	100	12,1	10,3	49,11	41,81	4911,18	4180,59
D10			35	9,4	8,4	38,15	34,09	1335,35	1193,29

Աղյուսակ 4

Լցակույտի տարրական բլոկում առաջացող հաշվարկային լարվածությունները կախված մոդելում տվիչների գրանցած լարվածությունների արժեքներից և կիրճի կողային նիստերի թեքությունների անկյուններից II -II կտրվածքի համար

Լցակույտի տարրական բլոկներում տեղադրված տվիչները	Կիրճի կողային նիստի թեքության անկյունը՝ α , աստ.		Լցակույտում տարրական բլոկի բարձրությունը՝ H, մ	Տվիչների գրանցած լարվածությունը մոդելի համարժեք նյութում՝ E, գ/սմ ²		Լցակույտի տարրական բլոկում առաջացող հաշվարկային լարվածությունները՝ σ , տ/մ ²		Տարրական բլոկի վրա ազդող F ուժը, տ		
	ձախ նիստ	աջ նիստ			ձախ նիստ	աջ նիստ	ձախ նիստ	աջ նիստ	ձախ նիստ	աջ նիստ
D1	29	35	26	7,3	9,8	29,63	39,78	770,36	1034,19	
D2			86	9,5	12,8	38,56	51,95	3316,06	4467,95	
D3	32	24	107	14,3	8,6	58,04	34,91	6210,41	3734,93	
D4			137	15,6	13,9	63,32	56,42	8674,52	7729,22	
D5	28	33	190	17,9	19,4	72,65	78,74	13804,06	14960,82	
D6			220	19,2	20,0	77,93	81,18	17144,47	17858,82	
D7	36	33	204	19,5	18,9	79,15	76,71	16146,00	15649,20	
D8	34	35	194	19,4	19,6	78,74	79,55	15275,79	15433,27	
D9	33	31	150	18,0	17,2	73,06	69,81	10958,82	10471,76	
D10			100	16,3	13,8	66,16	56,01	6615,88	5601,18	
D11			34	9,2	8,7	37,34	35,31	1269,60	1200,60	



Նկ. 9. «Ձորատեղ» կիրճում կազմավորվող բազմաստիճան լցակույտի երկայնական II-II կտրվածքը

Աղյուսակ 5

Լցակույտի կայունության պաշարի գործակիցները միայն ստատիկ բեռնվածքի դեպքում

Կտրվածքներ	Լցակույտի կայունության պաշարի գործակիցները	
	միայն ստատիկ բեռնվածքի դեպքում	հաշվի առնելով կիրճի կողային նիստերի կողմից ազդող լարվածությունները
I-I	1,81	միջինը 2,15
II-II	1,9	միջինը 2,26

Աղյուսակ 6

Լցակույտի կայունության պաշարի գործակիցները հատուկ զուգակցման դեպքում

Կտրվածքներ	Լցակույտի կայունության պաշարի գործակիցները	
	բեռնվածքների հատուկ զուգակցման դեպքում	հաշվի առնելով կիրճի կողային նիստերի կողմից ազդող լարվածությունները
I-I	1,77	միջինը 2,02
II-II	1,75	միջինը 2,05

Հաշվի առնելով կիրճի կողային նիստերի ազդեցությունը լցակույտի ապարային զանգվածի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի վրա, բեռնվածքների հատուկ զուգակցման դեպքում լցակույտի կայունության պաշարի գործակիցները I-I և II-II կտրվածքների համար միջին հաշվով ստացվում են մեծ, քան միայն բեռնվածքների հատուկ զուգակցման դեպքում, համապատասխանաբար, 14,1 և 17,1%-ով:

ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Կտրտված տեղանքը և անբարենպաստ լեռնաերկրաբանական պայմանները հնարավորություն չեն տալիս նախագծման փուլում բավարար ճշտությամբ որոշելու լցակույտերի գլխավոր պարամետրերը: Հարթ տեղանքների և սակավաթեք տեղամասերի ու հարթավայրերի համար մշակված մակաբացման ապարների լցակույտերի կազմավորման հայտնի մեթոդական ցուցումները, ինչպես նաև լցակույտերի ռացիոնալ կազմավորման կուտակված փորձի կիրառման շահավետությունը լեռնային պայմաններում ցածր է:

2. Ներկայումս չկա միակարծիք գնահատական կիրճերում և թեք սարավանջերի վրա կազմավորվող բազմաստիճան լցակույտերի ապարային զանգվածում լարվածային ուժերի տեղաբախշման բնույթի և դրա հետ կապված՝ լցակույտերի կայունության հիմնավորման հարցերի վերաբերյալ:

3. Մոդելավորման պահանջներին համապատասխան ընտրվել է համարժեք նյութի տարբեր բաղադրամասեր, որոնք իրենցից ներկայացնում են հաստատուն չափամասերով ավազի և տրանսֆորմատորային յուղի խառնուրդ:

4. Որոշվել է մոդելավորման համար ընտրված գետային վացված օղաչոր ավազից և նրան, ըստ զանգվածի, խառնված տրանսֆորմատորային յուղից ստացված համարժեք նյութի մասնիկների ներքին շփման անկյունն (φ) ու կապակցվածությունը (C): Փորձարկումներից առաջ նմուշները “Matest” ընկերության սարքի օղակներում նախապես ենթարկվել են խտացման 0,1, 0,2 և 0,3 ՄՊա ուղղաձիգ լարումների տակ:

5. Կատարվել է լցակույտերի լեռնային ապարային զանգվածների մոդելների համարժեք նյութերում լարվածությունների գրանցման գոյություն ունեցող մեթոդների վերլուծություն: Ցույց է տրվել, որ ներկայումս չկան մոդելներ, որոնք հնարավորություն են տալիս գրանցել կիրճերի կողային նիստերից լցակույտի մոդելի զանգվածին փոխանցվող սեղմող կողային ուժերի լարումները:

6. Ստեղծվել և կառուցվել է եռաչափ մոդելավորման ստենդ, ինչը համար ստացվել է ՀՀ արտոնագիր № 3350A 2019 ՄԱԴ10 E21C39/00 G01N33/24 G01N3/24: Նոր տարածական մոդելավորման ստենդը հնարավորություն է տալիս գրանցել հորիզոնի նկատմամբ կիրճի կողային նիստերի ցանկացած թեքության անկյան դեպքում մոդելավորման համարժեք նյութի զանգվածին փոխանցվող հակազդող սեղմող ուժերից առաջացած լարումները:

7. Մշակվել են նոմոգրամներ, որոնք հնարավորություն են տալիս որոշել կախվածությունները մոդելային ստենդի նիստի թեքության անկյունների, տվիչների գրանցած լարվածությունների և համարժեք նյութում տվիչների տեղադրման խորությունների միջև:

8. Կախված մոդելի կողային նիստի թեքության անկյուններից ցույց է տրվել մոդելում համարժեք նյութի կենտրոնական ուղղաձիգ հարթության վրա կիրճի կողային նիստի կողմից սեղմող ուժերի լարվածությունների փորձնական և հաշվարկային կախվածությունները:

9. Կիրճերում կառուցվող բազմաստիճան լցակույտի մարմնում ծավալային ֆիզիկական մոդելավորմամբ լարվածային վիճակի ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ սկսած լցակույտի որոշակի բարձրությունից և կախված կիրճի կողային նիստերի թեքության անկյուններից, լցակույտի առանցքային հարթությունում առաջանում են կողային սեղմող ուժեր:

10. Կիրճում կազմավորվող լցակույտի եռաչափ ֆիզիկական մոդելավորման միջոցով հայտնաբերված կիրճի կողային նիստերից մոդելի կենտրոնական առանցքային հարթության վրա ազդող կողային սեղմող ուժերի տվյալների հիման վրա «Ձորատեղ» կիրճում կազմավորվող լցակույտի ապարներում որոշվել է կիրճի կողերից ազդող սեղմող լարվածությունների բացարձակ արժեքները:

11. «Ձորատեղ» կիրճի հատակագիծի հիման վրա կառուցված ընկալնական կտրվածքներով որոշվել են կիրճի լցակույտատակ տարածքի առանձին տեղամասերի կողերի թեքության անկյունները:

12. Մշակվել է կիրճում կազմավորված լցակույտի կայունության որոշման մեթոդիկա, որը հնարավորություն է տալիս հաշվի է առնել կիրճի կողային նիստերից լցակույտի ապարային զանգվածի վրա փոխանցվող լարվածությունները:

13. "GeoStudio" ծրագրի Մորգենշտերն Պրայսի մեթոդով կատարվել է «Ձորատեղ» կիրճում նախագծային տվյալներով կազմավորված լցակույտի կայունության որոշում ստատիկ և հատուկ բեռնվածքների ազդեցություններից, առանց կիրճի կողային ուժերի ազդեցության և հաշվի առնելով վերջիններիս ազդեցությունը:

14. Կատարված հետազոտությունները ցույց են տվել, որ «Ձորատեղ» կիրճում կազմավորվող լցակույտի լեռնային զանգվածի վրա կիրճի կողային ուժերի ազդեցությունից վերջինիս սեյսմակայունության գործակիցը ստատիկ բեռնվածքների դեպքում մեծանում է շուրջ 19,0, իսկ հատուկ բեռնվածքների ազդեցություններից՝ 15,6%-ով:

Ատենախոսության հիմնական դրույթները հրատարակված են հետևյալ գիտական աշխատանքներում.

1. Манукян Л.А., Казарян Г.Г., Казарян А.А. Усовершенствование метода определения коэффициента структурной ослабленности массива скальных горных пород в натуральных условиях // Вестник НПУА: Металлургия, материалоединие, недропользование.- Ереван 2017.- №2.- С. 93-99.

2. Манукян Л.А., Казарян Г.Г., Казарян А.А., Цатрян Г.З. Исследование сопротивляемости массива горных пород на сдвиг на моделях из эквивалентных материалов // Вестник НПУА: Металлургия, материаловедение, недропользование.-Ереван, 2017.- №1.- С. 91-98.

3. Մանուկյան Լ.Ա., Ղազարյան Ա.Ա., Ղազարյան Գ.Հ. Եռաչափ մոդելավորման ժամանակ մոդելում լարվածությունների գրանցման տվիչների ընտրությունը // ՀԱՊՀ Լրաբեր.- Երևան, 2019.- Մաս 2.- էջ 554-559:

4. Մանուկյան Լ.Ա., Ղազարյան Ա.Ա., Ղազարյան Գ.Հ. Կիրճում կազմավորվող բազմաստիճան լցակույտի ֆիզիկական մոդելում համարժեք նյութերի ընտրություն եվ ամրության ցուցանիշների որոշում // ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր. Տեխնիկական գիտություններ.- Երևան, 2020.- Հ. 21(4).- էջ 467-477:

5. Մանուկյան Լ.Ա., Ղազարյան Ա.Ա., Ղազարյան Գ.Հ. Կիրճերում լցակույտերի ապարային զանգվածի կենտրոնական առանցքային հարթության մեջ լարվածությունների գրանցման տվիչների տեղադրման սխեմայի մշակում // ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր. Տեխնիկական գիտություններ.- Երևան, 2020.- Հ. 73(1).- էջ 5-12:

6. Арзуманян С.С., Манукян Л.А., Казарян А.А. Роль "Горного журнала" в распространении достижений научно-технического прогресса в горнорудной отрасли Республики Армения // Горный журнал.- М., 2020.- № 7.- С. 62-63.

7. Манукян Л.А., Казарян А.А. Разработка трехмерного модельного стенда для установления распределения напряжений в сформированном в ущелье многоярусном отвале // Вестник НПУА: Металлургия, материаловедение, недропользование.- Ереван, 2021.- №2.- С. 89-96.

8. Казарян А.А. Исследование на трехмерной модели проявления бокового давления в вскрышных породах сооружаемого в ущелье отвала// Науки о Земле и недропользование. Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2022.- No 1.- С. 73-79.

9. Казарян А.А. Определение рациональных углов установления датчиков в осевой плоскости трехмерной модели формируемого в ущелье отвала // «Advances in Science and Technology» XXXVII Международная научно-практическая конференция 15.06.21.- С. 118-121.

10. Казарян А.А. Модельный стенд для исследования параметров многоярусного отвала формируемого в ущелье // Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова» Актуальные проблемы науки и техники», Материалы I Международной научно-технической 9 конференции, 2021.- С. 205-209.

11. Манукян Л.А., Казарян А.А. Трехмерная модель исследования распределения напряжений в вскрышных породах отвала сооружаемого в сложных рельефных условиях // VII международная научно- практическая конференция Science XXI Century 2021, библи. Им. Елцина.

ФИЗИЧЕСКОЕ ОБЪЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОЯРУСНЫХ ОТВАЛОВ СФОРМИРОВАННЫХ В УЩЕЛЬЯХ

РЕЗЮМЕ

На нагорных карьерах Республики Армения дальнейший рост объемов добычи полезных ископаемых приведет к увеличению объемов вскрышных пород. В таких условиях безопасность и эффективность работы горнорудных предприятий значительным образом обусловлена сооружением в расчлененных и сложных рельефных условиях сейсмоустойчивых многоярусных отвалов, с учетом современных природоохранных требований. Выбор мест размещения и решение технологических задач сооружения многоярусных отвалов нагорных карьеров для специалистов горняков остается ответственной и сложно решаемой задачей. Расчет устойчивости горных геотехнических сооружений нагорных карьеров тесно связан с объективностью и полнотой учета, а также выявлением характера взаимодействия геомеханических сил, действующих в массиве горных пород. В этой связи дальнейшее усовершенствование существующих расчетных методов определения главных параметров отвалов связано с полнотой и объективностью учета влияния конкретных условий их сооружения и безопасной эксплуатации. В настоящее время при формировании многоярусных отвалов в ущельях недостаточно изучены вопросы, связанные с выявлением и оценкой распределения напряжений в отвале, находящемся словно в «зжатом» состоянии силами реакций, передаваемых от наклонных боковых поверхностей ущелья. Соответственно, не учитывается влияние этих сил на соотношение сдвигающих и удерживающих сил, действующих в отвале, что, в конечном счете, отражается на устойчивости отвала, формируемого в ущелье. Выявление этих сил производством объемных модельных исследований позволит повысить точность расчета устойчивости многоярусного отвала, сооруженного в ущельях, что является важным этапом данной работы.

Решение объемной задачи позволило усовершенствовать известное соотношение сил в зонах активного давления и упора сдвигаемого массива, имеющих место при отвалообразовании на склонах. Результаты решения объемной задачи с учетом дополнительного воздействия боковых сил, возникающих при отвалообразовании в ущельях, показывают, что изменения соотношения сил в отвале приводят к увеличению его устойчивости.

Одна из важнейших проблем для оценки устойчивости сооружаемых в ущельях отвалов является определение их главных параметров в зависимости от параметров боковых поверхностей ущелья, в частности, от величины образованная ими двугранного угла.

Анализ показал, что применение известных в настоящее время технических решений и конструкций для определения напряженного состояния сооружаемого в ущелье отвале вскрышных пород неэффективно. Диссертация посвящена разработке нового трехмерного стенда физического моделирования многоярусных отвалов размещенных в ущельях и выявления напряженного состояния от воздействий его боковых поверхностей.

В настоящее время анализ многочисленных аналитических и графоаналитических исследований, по разработке параметров отвала и оценке его устойчивости, показал, что нету единого мнения по обоснованию устойчивости, расчета параметров и характера распределения сил напряжения в многоярусных отвалах расположенных в ущельях. Действующие "Методические указания..." рекомендуют методы расчета параметров многоярусных отвалов, сооружаемых в ущельях те же, что и для отвалов, размещенных на ровных площадках, или на наклонном основании.

С целью выявления и определения распределения напряжений в отвальной массе, в диссертационной работе разработана новая трехмерная конструкция поворотного модельного стенда (патент Республики Армения на изобретение № 3350А, 2019), имеющем основание и шарнирно связанные с ним две поворотные грани.

Разработанный модельный стенд, по сравнению с известными имеет возможность изменения угла наклона по направлению основания и имеет датчики расположенные в объеме массы эквивалентного материала. Боковые стенки соединены с основанием корпуса стенда горизонтальными шарнирами, а двоярные датчики напряжений размещены в эквивалентном материале по всей высоте центральной вертикальной плоскости. При этом, угол образованный между парными датчиками вдвое больше угла внутреннего трения образованного между центральной вертикальной плоскостью модели и эквивалентного материала.

Кроме этого, разработанный трехмерный модельный стенд имеет возможность с помощью гидравлического домкрата изменить свое положение в вертикальной плоскости.

Разработанным в диссертации способом физическими модельными исследованиями становится возможным определение характера изменения напряженного состояния на разных уровнях центральной осевой плоскости при одновременном изменении углов наклона двух боковых граней стенда.

Объемное физическое моделирование многоярусного отвала позволяет определять рациональные объемы вскрышных пород и тем самым решить экологически важную задачу формирования многоярусного отвала в сложных рельефных условиях гористой местности с последующим обоснованием ее устойчивости.

По теме диссертации опубликовано 11 научных статей.

**PHYSICAL VOLUMETRIC MODELING OF THE STRESS STATE OF
MULTILAYER DUMPS FORMED IN GORGES**

SUMMARY

In the upland quarries of the Republic of Armenia, further growth of the volume of mining will lead to an increase in the volume of overburden rocks. In this conditions, the safety and efficiency of mining enterprises is largely conditioned to the construction of seismic-resistant multi-tiered dumps in difficult relief conditions and gorges, taking into account modern environmental requirements. The determination of locations and technological problems solutions of the construction of multi-tiered dumps of open pits remain difficult and responsible tasks for miners. The calculation of the stability of geotechnical structures in quarries is closely related to objectivity and completeness of accounting, as well as the identification of the nature of the interaction of geomechanical forces acting in a rock mass. In this regard, further improvement of existing calculation methods for determining the main parameters of dumps is associated with the completeness and objectivity of considering the influence of specific conditions for their construction and operation safety. At present, when forming multi-tiered dumps in gorges, issues related to the identification and assessment of the distribution of stresses in the dump, which is as if in a “clamped” state by the forces of reactions transmitted from the inclined side surfaces of the gorge, have not been sufficiently studied. Accordingly, the influence of these forces on the ratio of shearing and holding forces acting in the dump is not taken into account, which ultimately affects the stability of the dump formed in the gorge. The identification of these forces by the production of volumetric modeling studies will improve the accuracy of calculating the stability of a multi-tiered dump built in gorges, which is an important stage in this work.

The solution of the three-dimensional problem made it possible to improve the known correlation of forces in the zones of active pressure and the thrust of the shifted mass, which take place during dumping on slopes. The results of solving the three-dimensional problem, taking into account the additional impact of lateral forces arising from dumping in gorges, show that changes in the ratio of forces in the dump lead to an increase in its stability.

One of the most important problems for the evaluation the stability of dumps built in gorges is the determination of their main parameters depending on the parameters of the lateral surfaces of the gorge, in particular, the value of the dihedral angle formed by them.

The analysis showed that the use of currently known technical solutions and structures for determining the stress state of the overburden dump constructed in the gorge is ineffective. The dissertation is devoted to the development of a new three-dimensional stand for physical modeling of multi-tiered dumps located in gorges and to identification of the stress state from the influence of its side surfaces.

At present, the examination of numerous analytical and graphic-analytical studies on the elaboration of dump parameters and assessment of its stability has shown that there is no consensus on the justification of stability, calculation of parameters and the nature of

the distribution of stress forces in multi-tiered dumps located in gorges. The nowadays 'Guidelines...' recommend the same methods as for calculating the parameters of multi-tiered dumps built in gorges as for dumps placed on flat areas or on an inclined base.

In order to identify and determine the distribution of stresses in the dump mass, a new three-dimensional construction of a rotary model stand (patent of the Republic of Armenia for the invention No. 3350A, 2019) was developed in the dissertation work. The construction has a base and two rotary faces hinged to it.

The developed model stand, in comparison with the known ones, has the ability to change the angle of inclination in the direction of the base and has sensors located in the volume of the equivalent material mass. The side walls are connected to the base of the stand body by horizontal hinges, and the dual stress sensors are placed in the equivalent material along the entire height of the central vertical plane. Moreover, the angle formed between the paired sensors is twice the angle of internal friction formed between the central vertical plane of the model and the equivalent material.

In addition, the developed three-dimensional model stand has the ability to change its position in the vertical plane using a hydraulic jack.

The method developed in the thesis by physical modeling studies makes it possible to determine the nature of the change in the stress state at different levels of the central axial plane with a simultaneous change in the angles of inclination of the two side faces of the stand. Volumetric physical modeling of a multi-tiered dump makes it possible to determine the rational volumes of overburden and thereby solve the ecologically important problem of forming a multi-tiered dump in difficult relief conditions of mountainous terrain with subsequent justification of its stability.

11 scientific articles have been published on the topic of the dissertation.

