

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

ՀՈՎԱԿԻՄՅԱՆ Վրեժ Վարյանի

**ԼԵՆՆԱՅԻՆ ԲԱՑԱՀԱՆՔԻ ՏԵԿՆՈՆԱԿԱՆ ԽՁՈՒՄՆԵՐՈՎ ԹՈՒԼԱՑԱԾ
ԿՈՂԻ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ԵՐԿՐԱՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ**

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

ОВАКИМЯН Вреж Варужанович

**ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ
ОСЛАБЛЕННОГО ТЕКТОНИЧЕСКИМИ РАЗЛОМАМИ БОРТА
НАГОРНОГО КАРЬЕРА**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности ԻԴ.02.01 - “Разработка и эксплуатация месторождений полезных
ископаемых”

ԵՐԵՎԱՆ 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 Գենարի Հրաչիկի Ղազարյան
Առաջատար կազմակերպություն՝ «Ճարտարապետության և Շինարարության
Հայաստանի Ազգային Համալսարան» (ք. Երևան)
Ատենախոսության պաշտպանությունը կայանալու է 2023թ. հուլիսի 26-ին,
ժամը 14⁰⁰-ին Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում
գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» մասնագիտական
խորհրդի (թվանիշ՝ 031) «Օգտակար հանածոների հանքավայրերի մշակում և
շահագործում» ենթախորհրդի (թվանիշ՝ ԻԴ.02.01) նիստում:
Հասցեն՝ 0009, ք. Երևան, Տերյան փ., 105:
Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ-ի գրադարանում:
Սեղմագիրը առաքված է 2023 թ. հունիսի 9-ին:

031 մասնագիտական խորհրդի գիտական
քարտուղար, տ.գ.դ., պրոֆեսոր



Ա.Մ. Հովհաննիսյան

Тема диссертации утверждена ученым советом Национального политехнического университета Армении (НПУА).

Научный руководитель: докт. техн. наук.
ст. научн. сотр.

Левон Андраникович Манукян

Официальные оппоненты: докт. техн. наук, проф.
канд. техн. наук

Армен Генрикович Оганесян
Генади Грачикович Казарян

Ведущая организация: Национальный Университет Архитектуры и Строительства
Армении (г. Ереван)

Защита диссертации состоится "26" июля 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 "09" июня 2023г.

Ученый секретарь Специализированного
совета 031, д.т.н., профессор



А.М. Оганесян

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Աշխատանքի հրատապությունը և արդիականությունը: Բարդ ռելիեֆային պայմաններում տեղադրված լեռնաբարձրունքային լարվածադեֆորմացիոն երկրամեխանիկական միջավայրերում բացահանքի կողերի կոնստրուկտիվ տարրերի կայունության հիմնավորումը համարվում է լեռնային ձեռնարկության անխափան ու արդյունավետ շահագործման հիմնահարցերից մեկը: Տեկտոնական խզմամբ թուլացած բացահանքի կողի կայունության երկրամեխանիկական հիմնավորման խնդիրը առավել բարդանում է այն ժամանակ, երբ կողի վերին եզրից վեր տարածվում է բնական լեռնալանջ, ինչը այս երկրամեխանիկական միջավայրում ձևավորում է բարձր և բարդ լարվածադեֆորմացիոն դաշտ:

Բացահանքերի կողերի կայունության որոշման և դրանց պաշարի գործակցի հիմնավորմանը նվիրված աշխատանքների վերլուծությունը ցույց է տվել, որ ներկայումս հայտնի են շատ քիչ հետազոտություններ, որտեղ առաջ է քաշվել այն գաղափարը, որ լեռնային բացահանքի կողի կայունությունը պայմանավորված է նաև կողի վերին եզրից տարածվող բնական լեռնալանջի ազդեցությամբ՝ կախված վերջինիս տարածության մեջ ունեցած դիրքից:

Այս կարևոր խնդրի լուծման համար ատենախոսությունում մշակվել է մոդելավորման նոր եռաչափ ստենդ, ինչպես նաև կատարվել են ֆիզիկական մոդելավորման աշխատանքներ՝ բնական լեռնալանջի ազդեցությունից լեռնային բացահանքի կողում լարվածադեֆորմացիոն դաշտի տարածման օրինաչափությունների բացահայտման, գնահատման և լեռնային բացահանքի կողի կայունության երկրամեխանիկական մոդելի ստեղծման նպատակով: Դա հնարավորություն է տվել մշակել բեռնված երկրամեխանիկական միջավայրում բնական լեռնալանջի կողմից ձևավորվող ուղղաձիգ սեղմող լարվածության և բացահանքի կողի բարձրության միջև մի շարք կախվածություններ: Վերջիններիս կիրառումը հնարավորություն է տալիս բարձրացնել բացահանքերի կողերի կայունության երկրամեխանիկական հիմնավորման գործող մեթոդական ցուցումների ճշտությունը և հնարավորություն է ստեղծում բարձրացնել բարդ լեռնային պայմաններում շահագործվող բացահանքի կողերի կայունության պաշարի գործակիցների որոշման օբյեկտիվությունը, ինչը արդիական խնդիր է:

Հետազոտության նպատակը և խնդիրները: Աշխատանքի հիմնական **նպատակը՝** եռաչափ ֆիզիկական մոդելավորմամբ լեռնային բացահանքի կողի վերին եզրից տարածվող բնական լեռնալանջի ազդեցությունից բեռնված կողի ռացիոնալ պարամետրերի և կայունության երկրամեխանիկական հիմնավորումն է:

Առաջադրված նպատակին հասնելու համար հարկավոր է լուծել հետևյալ խնդիրները.

1. Բացահանքի տեկտոնական խզվածքից լարված կողի լեռնային ապարային զանգվածի հիմնական ցուցանիշների ռեյտինգային գնահատում:

2. Խզվածքում տարածվող գրունտների վիճակի գնահատում, դաշտային երկրատեխնիկական հետազոտություններով ստատիկ կոնի ներթափանցման միջոցով:

3. Բացահանքի կողի լեռնային ապարային զանգվածում ձգման ճեղքերի հնարավոր տարածման գոտիների որոշում, լեռնային ապարային զանգվածի ամրության չափանիշի սահմանում և վերջինիս հիման վրա՝ կայունության երկրամեխանիկական հիմնավորում:

4. Ֆիզիկական մոդելավորման համար ընտրված համարժեք նյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների որոշում լաբորատոր փորձասարքերով և դաշտային ստատիկ կոնի ներթափանցման միջոցով:

5. Բացահանքի կողի վերին եզրից տարածվող բնական լեռնալանջի ազդեցությունից կողի ապարային զանգվածի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի փոփոխության գնահատման նոր եռաչափ ֆիզիկական մոդելային ստենդի մշակում:

6. Լեռնալանջի տարբեր տարածական տեղադիրքերում ֆիզիկական մոդելավորման հետազոտություններով բացահանքի բեռնված կողի լարվածադեֆորմացիոն դաշտի հայտնաբերում:

7. Լեռնալանջով բեռնված լեռնային բացահանքի լարված կողի կայունության որոշման գործող մեթոդական ցուցումների բարելավում:

Աշխատանքի հիմնական գաղափարը: Առաջադրված խնդիրների լուծման նպատակով մշակվել է եռաչափ ֆիզիկական մոդելային ստենդ, որը հնարավորություն է տալիս որոշել բացահանքի կողից վեր տարածվող բնական լեռնալանջի անմիջական ազդեցությունը լեռնային միջկողային ապարային զանգվածի կայունության վրա: Բացահանքի կողի խորությամբ ուղղաձիգ սեղմող լարվածության բացարձակ արժեքների որոշումը հնարավորություն է տալիս բարելավել լեռնային բացահանքի կողի կայունության որոշման ներկայումս գործող հայտնի մեթոդական ցուցումները:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները.

1. Բացահանքի կողի տակով տարածվող տեկտոնական խզվածքի գրունտների վիճակի գնահատումը իրականացվում է դաշտային երկրատեխնիկական ստատիկ կոնի ներթափանցման միջոցով:

2. Եռաչափ ֆիզիկական մոդելային հետազոտություններով հնարավոր է գնահատել բացահանքի բեռնված կողի ապարային զանգվածի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը:

3. Բացահանքի բեռնված կողում լարվածային ուժերի տեղաբաշխման օրինաչափությունների գնահատումը կատարվում է բնական լեռնալանջի

տարածման տարբեր երկրաչափական պարամետրերի ու տեղադրվածության դեպքում:

4. Լեռնային բացահանքի լեռնալանջով բեռնված կողի ապարային զանգվածի երկրամեխանիկական միջավայրի կայունության օբյեկտիվ գնահատման համար անհրաժեշտություն է դառնում կողի կայունության հիմնավորման նոր մոտեցման մշակումը:

Աշխատանքի արդյունքների գործնական նշանակությունը: Եռաչափ ֆիզիկական մոդելավորման ստենդը հնարավորություն է տալիս բարձրացնել լեռնային բացահանքերի բնական լեռնալանջերով բեռնված կողերում ապարային զանգվածի լարվածային վիճակի փոփոխությունների օրինաչափությունների ուսումնասիրման արժանահավատությունը՝ կապված կողի վերին եզրից տարածվող բնական լեռնալանջի զանգվածից բացահանքի կողում և դրանում պարփակված տեկտոնական խախտման մեջ լրացուցիչ լարվածային ուժերի հայտնաբերման և դրանց հետագա ազդեցության բացահայտման հետ: Այն կարող է օգտագործվել նաև բարդ ռեյնեֆային պայմաններում և սակավաթեք տարածքների վրա ձևավորվող ապարային բազմաստիճան լցակույտերում լարվածային ուժերի տեղաբաշխման հայտնաբերման և դրա հետ կապված՝ լցակույտերի ռացիոնալ պարամետրերի հիմնավորման աշխատանքներում:

Եռաչափ ֆիզիկական մոդելավորման միջոցով բացահանքի բեռնված կողում լարվածային դաշտի տարածման օրինաչափությունների որոշումը, հնարավորություն է տալիս բարձրացնել բացահանքերի կողերի կայունության երկրամեխանիկական հիմնավորման հավաստիությունը, ինչը իր հերթին հանգեցնում է բացահանքի կողերի ռացիոնալ պարամետրերի որոշմանը և անվտանգ շահագործման տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների բարելավմանը:

Փորձաքննությունը և հրատարակված աշխատանքները:

Ատենախոսական աշխատանքի հիմնական հետազոտությունների գիտական արդյունքները և դրույթները զեկույցվել և քննարկվել են հետևյալ գիտատեխնիկական գիտաժողովներում.

- ՀԱՊՀ «Լեռնային գործ և շրջակա միջավայրի պահպանություն» ամբիոնի նիստերում և գիտական սեմինարներում (2019-2022 թթ., ՀԱՊՀ, Երևան):
- ՀԱՊՀ տարեկան գիտաժողովներում (2019-2023 թթ., ՀԱՊՀ, Երևան):
- Սանկտ Պետերբուրգի Հանքարդյունաբերության Համալսարանի՝ երիտասարդ հետազոտողների «Բնական ռեսուրսների ռացիոնալ օգտագործման տեսական հիմունքները» առցանց և լրիվ դրույքով սեմինարներում, (2020, 2021 և 2023 թթ., Սանկտ Պետերբուրգ, Ռուսաստանի Դաշնություն):

Ատենախոսության թեմայով հրատարակվել է 10 գիտական աշխատանք, որոնցից երկուսը առանց համահեղինակների:

Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը: Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլխից, եզրակացությունից, մեկ հավելվածից, 96 անուն գրականության ցանկից: Աշխատության ընդհանուր ծավալը 152 էջ է՝ հավելվածի ներառումով: Հիմնական ծավալը 130 էջ է՝ ներառյալ՝ 27 նկար և 16 աղյուսակ:

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ներածությունում հիմնավորվել է հետազոտվող թեմայի արդիականությունը, սահմանվել է աշխատանքի նպատակը, ներկայացվել են նպատակին հասնելու համար առաջադրված խնդիրները, համառոտ ներկայացվել են հետազոտության մեթոդիկական, աշխատանքի գիտական արդյունքները և նորոյթը, աշխատանքի արդյունքների գործնական նշանակությունը, պաշտպանությանը ներկայացվող հիմնական գիտական դրույթները:

Առաջին գլխում կատարվել է ֆիզիկական մոդելային ստենդներով կատարված հետազոտություններին և բացահանքերի կողերի կայունության երկրամեխանիկական հիմնավորմանը նվիրված աշխատանքների վերլուծություն: Տրվել է Քաջարանի բացահանքի ինժեներակրաբանական և հիդրոերկրաբանական կրճատ բնութագիրը, ինչպես նաև բացահանքի կողերում տարածված ապարատեսակների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները: Կատարված է ներկայումս հայտնի բազմաթիվ գիտահետազոտական աշխատանքների վերլուծությունը, նվիրված ֆիզիկական մոդելային ստենդներով բացահանքերի կողերում լարվածությունների հայտնաբերմանն ու գնահատմանը:

Բերված է բացահանքի կողի կայունության երկրամեխանիկական հիմնավորմանը ու որոշմանը նվիրված գիտական ու գործնական մեթոդների վերլուծությունը:

Ցույց է տրվել, որ ներկայումս լայնորեն կիրառվող մոդելավորման հայտնի հարթ ստենդներով հնարավոր չէ որոշել լեռնային բացահանքի վերջին աստիճանից վեր տարածվող բնական լեռնալանջի ազդեցությունը բացահանքի միջկողային ապարային զանգվածի լարվածային վիճակի վրա:

Երկրորդ գլխում գնահատվել է լեռնային ապարային զանգվածի ամրության որոշումը ժամանակակից ռեյտինգային որակական և քանակական դասակարգմամբ: Սահմանվել է ապարային զանգվածի ամրության նվազման չափանիշը՝ հաշվի առնելով ձգման ճեղքերի տարածման գոտիները ըստ ճեղքերի ներթափանցման ստորին սահմանային արժեքների, ինչի հիման վրա գնահատվել է բացահանքի կողի կայունությունը: Մշակվել է տեկտոնական խզվածքով ներկայացված բացահանքի կողի լեռնային ապարային զանգվածում

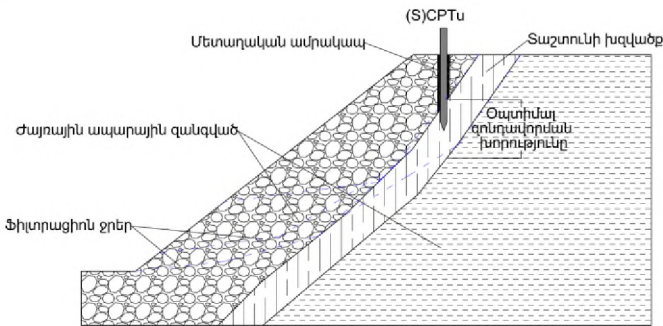
դաշտային ստատիկ կոնի ներթափանցման հետազոտության անցկացման եղանակ:

Քաջարանի բացահանքի հարավ-արևմտյան կողի ապարների երկրամեխանիկական միջավայրում սահմանային պարամետրերի որոշման համար կատարվել է հարավ-արևմտյան կողի երկրաբաժամկետ կայունության գնահատում, ըստ որակի դասակարգման GSI (Geological Strength Index - կառուցվածքային ամրության ինդեքս) համակարգի: Ցույց է տրվել, որ բացահանքի կոնկրետ խորության պայմաններում, լեռնային ապարային զանգվածի ելակետային երկրամեխանիկական սահմանափակ տվյալների դեպքում կողի կայունության գնահատման և դրա թեքության անկյան որոշման համար նպատակահարմար է կիրառել ապարային զանգվածի որակի գնահատումը համաձայն Հուլի GSI դասակարգման համակարգի:

Կատարվել են Տաշտունի խզվածքի կավերի ու պտուկած կողում մանրացված գոտու ապարների և չփոփոխված մոնոցոնիտների ռեյթինգային գնահատումները՝ ըստ Ն. Բարտոնի ու Դ. Լոբշիրի ռեյտինգային դասակարգման համակարգերի:

Մշակվել է «Ձանգեզուրի ՊՄԿ» ՓԲԸ Քաջարանի բացահանքի հարավ-արևմտյան կողի ժայռային լեռնային ապարների տակով անցնող Տաշտունի տեկտոնական խզվածքի կավային գրունտներում (S)CPTu (Cone Penetration Test with in-situ pore water pressure measurements) սարքով կատարվող անվտանգ և արդյունավետ ստատիկ երկրատեխնիկական ուսումնասիրության եղանակ: Դա հնարավորություն է տալիս որոշելու խզվածքում կավային գրունտների զանգվածի ծակոտենային ճնշումները, ծավալային զանգվածը, գրունտի սահքի նկատմամբ դրենացված և չդրենացված ամրությունները:

CPTu մոնիտորինգի անցկացման համար հարավ-արևմտյան կողի ժայռային ապարային զանգվածում հորատվում է հորատանցք՝ մետաղական երեսարկով, մինչև տեկտոնական խզվածքի կախված կողը, ինչը ցույց է տրված նկ. 1-ում:



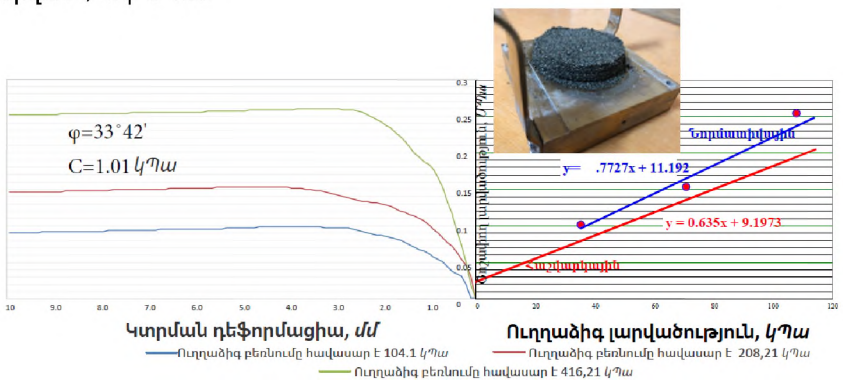
Նկ. 1. Քաջարանի բացահանքի հարավ-արևմտյան կողի Տաշտունի խզվածքի հետազոտությունը՝ ներթափանցող SCPTu սարքավորման միջոցով

Հորատման հաստոցի տրամագիծը պետք է լինի ավելի մեծ քան CPTu փորձասարքի աշխատող օրգանի՝ պիեզոկոնի տրամագիծն է:

Բացահայտվել է Քաջարանի բացահանքի հարավ-արևմտյան չբեռնված կողի ապարային զանգվածի ձգման լարումներից առաջացած ճեղքերի ազդեցությունը չբեռնված երկրամեխանիկական միջավայրում միջկողային լեռնային ապարային զանգվածի ամրության ցուցանիշների վրա: Խնդիրը լուծելու համար գնահատվել են ձգման լարումներից առաջացած ճեղքերի զարգացման ստորին և փոխհատման վերին սահմանները՝ ցածր կողային ճնշման պայմաններում, ըստ որի միջկողային լեռնային ապարային զանգվածի ամրությունը սկսում է նվազել դեպի ձգման լարումների ստորին սահմանը: Մաթեմատիկական մոդելավորմամբ գնահատվել են Քաջարանի բացահանքի հարավ-արևմտյան բեռնված կողի լեռնային ապարային զանգվածում ձգման լարումների կողմից առաջացած գոտիները, համեմատվել են հնարավոր սահքի մակերևույթները և կայունության պաշարի գործակիցները:

Երրորդ գլխում որոշվել է եռաչափ ֆիզիկական մոդելավորման համար ընտրված համարժեք նյութի ֆիզիկամեխանիկական և դեֆորմացիոն բնութագրերը ժամանակակից լաբորատոր փորձասարքերով և դաշտային ստատիկ կոնի ներթափանցման փորձերով՝ բարձրացնելով ֆիզիկական մոդելավորման ճշտությունը:

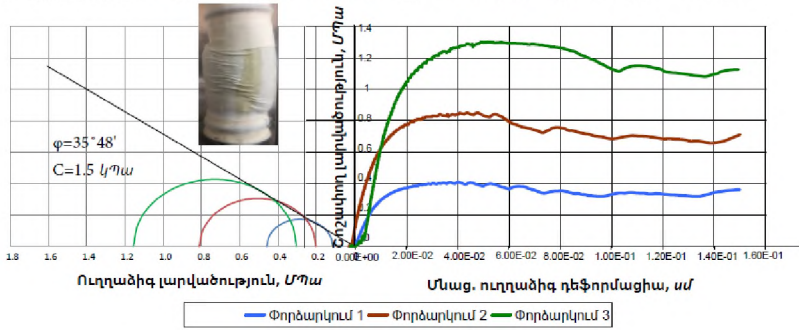
Համարժեք նյութի սահքի դիմադրությունը և ծավալային զանգվածը որոշվել են՝ համաձայն գործող նորմատիվային փաստաթղթերի պահանջների, մասնավորապես, օգտագործվել են նմուշների ուղիղ կտրման փոքր լարումների նկատմամբ զգայուն սարքեր: Նկ. 2-ում բերված է 96:4 հարաբերակցությամբ համարժեք նյութի ուղիղ կտրմամբ սահքի ամրության որակական բնութագիրը, իսկ եռառանցք կտրմամբ սահքի դիմադրության որակական բնութագիրը բերված է նկ. 3-ում:



Նկ. 2. 96:4 հարաբերակցությամբ համարժեք նյութի ուղիղ կտրմամբ որակական բնութագիրը և տեսքը ուղիղ կտրումից հետո

Մշակվել է եռաչափ, բազմաֆունկցիոնալ ֆիզիկական մոդելային ստենդ, բնական լեռնալանջով բեռնված բացահանքի կողի լարվածությունների հայտնաբերման և տվիչներով գրանցման նպատակով:

Կատարված հետազոտությունների և հայտնի տեխնիկական առաջարկությունների վերլուծությունը ցույց է տվել, որ հայտնի մոդելային ստենդների միջոցով հնարավոր չէ հայտնաբերել ու որոշել բացահանքի կողի վերին նիշից տարածվող բնական լեռնալանջի բեռնվածքից կողում առաջացած լրացուցիչ լարվածային ուժերի տեղաբաշխման օրինաչափությունները:

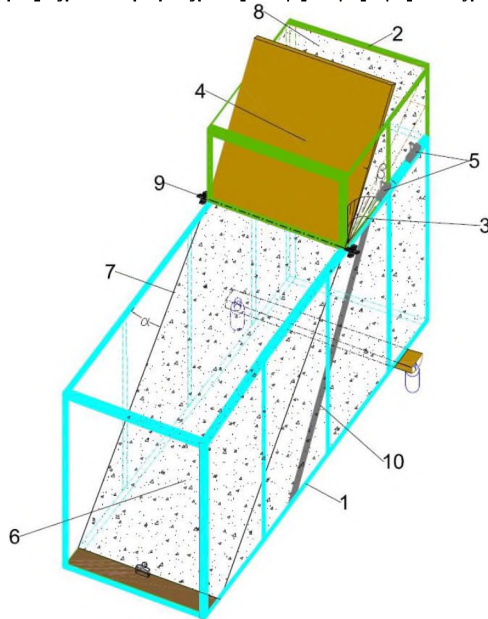


Նկ. 3. 96:4 հարաբերակցությամբ համարժեք նյութի եռառանցք փորձարկմամբ սահքի դիմադրության բնութագրիչների որոշումը
 Եռաչափ ֆիզիկական մոդելային ստենդի համար ստացվել է ՀՀ արտոնագիր N 713 Y և ցույց է տրված նկ. 4-ում:

Մշակված և կառուցված եռառանցք ֆիզիկական մոդելավորման ստենդը հնարավորություն է տալիս լեռնային բացահանքի կողի վերին եզրից տարածվող բնական լեռնալանջի զանգվածից բացահանքի կողի ապարային զանգվածի մեջ ըստ խորության հայտնաբերել և գնահատել լրացուցիչ լարվածային ուժերի բաշխվածության օրինաչափությունները: Մոդելի վերին շարժական պրիզմայում տարբեր երկրաչափական պարամետրերով բնական լեռնալանջի ձևավորման և մոդելային հետազոտությունների կատարման միջոցով հնարավոր է դառնում լեռնալանջի ազդեցությունից լեռնային բացահանքի կողում բարձրացնել լարվածությունների տեղաբաշխման օրինաչափությունների որոշումը և դրա հետ կապված՝ բացահանքի կողի կայունության հիմնավորման ճշտությունը:

Չորրորդ գլխում բնական լեռնալանջի տարբեր տեղադիրքերի համար մշակվել են «Ձանգեզուրի» ՊՄԿ ՓԲԸ, Քաջարանի բացահանքի հարավ-արևմտյան կողում, ըստ խորության, հանքաստիճանների վրա լրացուցիչ բեռնվածքների մեծություններն ու վերջիններիս տարածման սահմանները: Մշակվել է լեռնային բացահանքի կողի կայունության երկրամեխանիկական հիմնավորման նոր մոտեցում՝ հաշվի առնելով բացահանքի կողի վերին եզրից

տարածվող բնական լեռնալանջի անմիջական ազդեցությունը բեռնված բացահանքի միջկողային ապարային զանգվածի լարվածային դաշտի վրա:

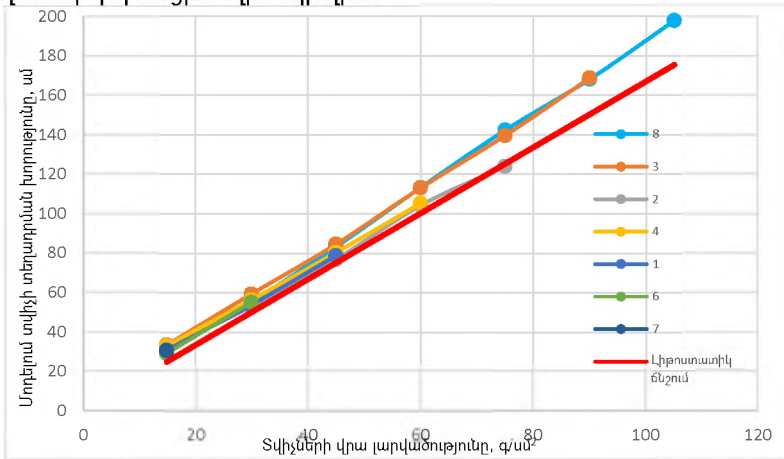


Նկ. 4. Բնական լեռնալանջով բեռնված բացահանքի կողում լարվածությունների գրանցման մոդելավորման ստեղծ. 1- ստորին անշարժ պրիզմա, 2- վերին շարժական պրիզմա, 3- անկյունաչափ, 4- դռնակ, 5- սևեռիչներ, 6- համարժեք նյութ, 7- բացահանքի կող, 8- բնական լեռնալանջ, 9- հողակապ սևեռիչներով, 10- տեկտոնական խզվածք

Մոդելավորումից տացված արդյունքների ճշտությունը կախված է համարժեք նյութում լարվածությունները գրանցող սվիչների տեխնիկական վիճակից և գրանցման ճշտության հուսալիության մակարդակից: Դրա հետ կապված, նախքան ֆիզիկական մոդելավորմամբ բացահանքի կողում լարվածությունների գրանցման հետ կապված հետազոտությունների կատարումը, իրագործվում է տենզոսվիչների ստուգաչափում՝ վերջիններիս գրոյական բեռնվածքի (σ_0) դեպքում: Դրանից հետո մշակվում է կախվածություն՝ մոդելային ստեղծի տարբեր խորություններում տեղադրված սվիչների կողմից գրանցված արժեքների և լիթոստատիկ լարվածությունների ($\gamma \times h$) բացարձակ արժեքների միջև, ինչը ցույց է տրված նկ. 5-ում:

Բացահանքի կողը և դրանից վեր տարածվող բնական լեռնալանջը դիտարկելով որպես ապարային զանգվածի մեկ երկրամեխանիկական ամբողջություն, ծավալային ֆիզիկական մոդելավորմամբ որոշվել է բացահանքի կողի վերին եզրից տարածվող բնական լեռնալանջի

առավելագույն բարձրությունը, որի սահմաններում գտնվող լեռնային ապարային զանգվածը ազդում է բացահանքի կողի ապարների լարվածադեֆորմացիոն վիճակի վրա:



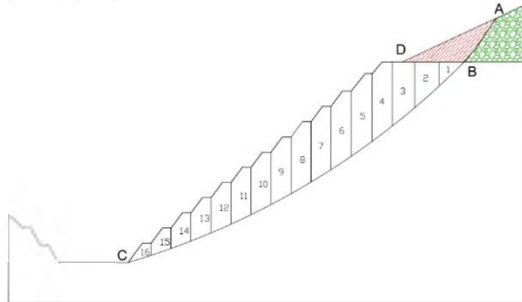
Նկ. 5. Համարժեք նյութի շերտերում տեղադրված տենզոտվիչների վրա լիթոստատիկ ճնշման և տվիչներով փաստացի գրանցված ցուցմունքների արժեքները

Դա կատարվել է Քաջարանի բացահանքի հարավ-արևմտյան կողի օրինակով, որի վերջին աստիճանի վերին եզրագծից 50 մ հեռավորության վրա տարածվում է հորիզոնի նկատմամբ 25° թեքությամբ և 125 մ ընդհանուր բարձրությամբ բնական լեռնալանջը, ինչը ցույց է տրված նկ. 6-ում: Հնարավոր սահքի մակերևույթի մուտքային կետը սահող զանգվածի տանող պրիզմայում բնական լեռնալանջը հատում է վերջինիս առավելագույն բարձրությունը բնորոշող A կետում: Կրիտիկական ABC սահքի մակերևույթը որոշվել է կայունության հաշվարկային Geostudio ծրագրի օգնությամբ և բերված է նկար 6-ում, որտեղ երևում է, որ 125 մ ընդհանուր բարձրությամբ լեռնալանջից, բացահանքի կողի վրա ազդող եռանկյուն պրիզմայի հիմքի AB բարձրությունը և BD կողմի չափերը, ինչի սահմաններում լեռնալանջը ազդում է բացահանքի կողի վրա (կարմիր գույնով տեղամասը), կազմում է համապատասխանաբար, 90 և 165 մ: Նկ. 6-ից երևում է, որ բնական լեռնալանջը (կանաչ գույնով տեղամասը) իր ամբողջ ծավալով չի ազդում բացահանքի բեռնված կողի վրա:

Ինչպես երևում է նկ. 6-ից, բացահանքի CD կողի ապարային զանգվածի կայունության վրա ազդող բնական լեռնալանջի ապարները եզրագծված են միայն ABD եռանկյուն պրիզմայով:

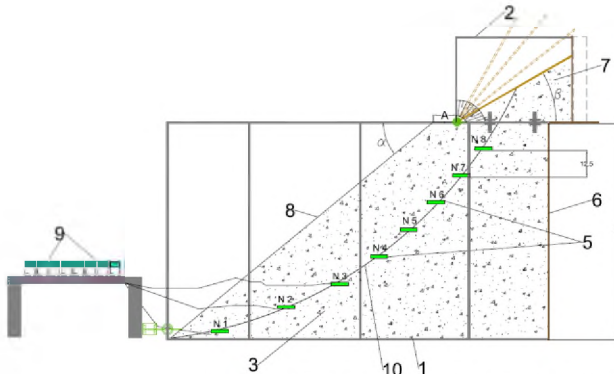
Որոշելով ABD եռանկյուն հիմքով և 1 մ լայնությամբ պրիզմայում ներպարփակված բնական լեռնալանջի ապարների զանգվածը, ֆիզիկական մոդելավորման համար ընտրված երկրաչափական 1:500 մասշտաբի դեպքում

վերցվում է մողելի վերին շարժական պրիզմայում բացահանքի կողի վրա ազդող բնական լեռնալանջի զանգվածի չափով համարժեք նյութ:



Նկ. 6. Բացահանքի կողի վրա ազդող բնական լեռնալանջի առավելագույն բարձրության որոշումը երկրամեխանիկական զանգվածում կրիտիտիկական սահքի մակերևույթի տեղադիրքով

Մողելավորման եռաչափ ստենդի ստորին պրիզմայում փլուզման հնարավոր մակերևույթի վրա դրված տենզոտվիչներով գրանցվում են մողելի վերին պրիզմայում լեռնալանջի զանգվածով վերցված համարժեք նյութի զանգվածից առաջացող լարվածությունները: Կողի մողելում սահքի մակերևույթի երկայնքով տեղադրված տենզոտվիչների սխեման ցույց է տրված նկ. 7-ում:



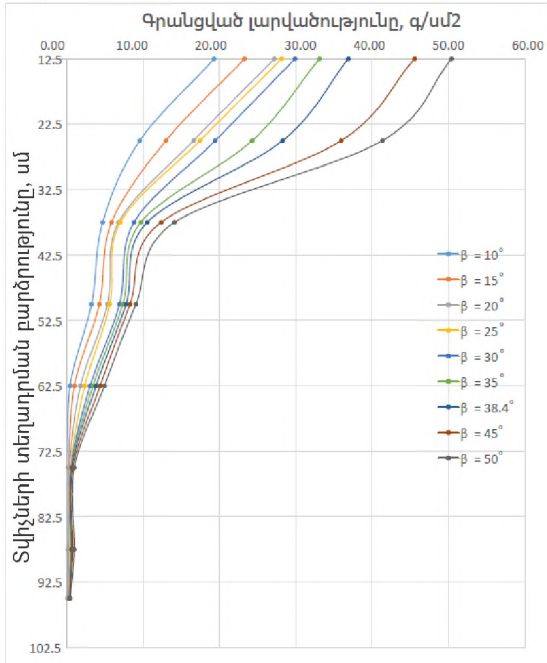
Նկ. 7. Բացահանքի կողի մողելում սահքի մակերևույթի երկայնքով տեղադրված տենզոտվիչների սխեման

Այս նույն մոտեցմամբ մողելային հետազոտություններով կատարվել է բացահանքի կողի վերին եզրից տարածված բնական լեռնալանջի հորիզոնի նկատմամբ $\beta = 50, 45, 38.40, 35, 30, 25, 20, 15$ և 10° թեքության անկյունների և բացահանքի կողի վերին նիշից հաշված՝ լեռնալանջի տարածման, համապատասխանաբար, $A = 0, 25, 50, 75$ և 100 մ հեռավորությունների դեպքում:

Բացահանքի կողի ֆիզիկական մոդելավորումից բնական լեռնալանջի կողմից միջկողային ապարներում հայտնաբերված լարվածային դաշտի տվյալների հիման վրա և Քաջարանի բացահանքի հարավ-արևմտյան կողի խորությունից կախված, որոշվել է լեռնալանջի ազդեցությունից կողի ապարներում լարվածությունների բացարձակ արժեքները համաձայն հայտնի արտահայտության.

$$\sigma_{p.u.} = \sigma_{մոդել} \times \frac{\gamma_{p.u.}}{\gamma_{մոդել}} \times \lambda,$$

որտեղ $\sigma_{p.u.}$ – բացահանքում միջկողային լեռնային ապարային զանգվածում լարվածությունն է, գ/սմ², $\sigma_{մոդել}$ – մոդելի ստորին հիմնակմախքում տեղադրված տվիչներով գրանցված լարվածությունն է ($\sigma_{տ.լ.}$), գ/սմ², $\gamma_{p.u.}$ – բնական պայմաններում միջկողային լեռնային ապարների ծավալային զանգվածն է, հավասար է 2,31 գ/սմ³, $\gamma_{մոդել}$ – համարժեք նյութի ծավալային զանգվածն է, հավասար 1,70 գ/սմ³, λ – մոդելավորման գծային մաշտաբն է, հավասար 1:500- ի:



Նկ. 8. Բացահանքի հարավ-արևմտյան կողի վերին նիշից 50 մ հեռավորությունից տարածվող բնական լեռնալանջի թեքության տարբեր անկյունների դեպքում մոդելի ստորին հիմնակմախքում տեղադրված տվիչներով գրանցված լարվածությունների բաշխվածությունը

Բնական լեռնալանջի տարբեր թեքության անկյունների համար նկ. 8-ում բերված է բացահանքի կողում ըստ դրա բարձրության ֆիզիկական մոդելավորմամբ ստացված լարվածությունները: Բացահանքի կողի կայունության որոշման համար կողի տարրական բլոկների զանգվածին անհրաժեշտ է գումարել լեռնալանջի ազդեցությունից առաջացած լրացուցիչ բեռնվածքները: Վերջիններիս որոշման համար մոդելային հետազոտություններից կողի ապարներում լեռնալանջի ազդեցության հայտնաբերված լարվածությունների բացարձակ արժեքները բազմապատկվում են այն բլոկների հիմքերի մակերեսներին, որտեղ մոդելային հետազոտություններով լեռնալանջի ազդեցությունից տվիչներով հայտնաբերվել են լարվածություններ:

Ստորև աղյ. 1-ում ցույց են տրված Քաջարանի բացահանքի հարավ-արևմտյան կողի վերին նիշից 50 մ հեռավորությունից տարածվող լեռնալանջի 25⁰ թեքության դեպքում կողի ապարային զանգվածի վրա ըստ խորության լեռնալանջի կողմից ազդող լարվածությունները և դրա հիման վրա բնական լեռնալանջի կողմից տարրական բլոկներին փոխանցված հավելյալ բեռնվածքները:

Աղյուսակ 1

Բացահանքի կողի հաշվարկային բլոկների վրա կախված բնական լեռնալանջի ազդող բեռնվածքից մոդելում և բնական պայմաններում գնահատված լարվածության արժեքները ու փոխանցվող հավելյալ բեռնվածքները

Բացահանքի կողի հաշվարկային բլոկի համարը	Բացահանքի մոդելի կողում տվիչների վրա բեռնվածքները, q	Բացահանքի մոդելի կողում լարվածությունները, $\sigma_{\text{տ.լ.}}$ q/սմ ²	Կողի բլոկի հիմքում լեռնալանջից փոխանցված լարվածությունները, $\sigma_{\text{փ.ա}}$ կգ/սմ ²	Բնական լեռնալանջի կողմից փոխանցված հավելյալ բեռնվածքները, տ
1	2	3	4	5
1	182,91	28,14	19,09	16377,0
2	148,15	22,79	15,49	12753,4
3	113,39	17,44	11,82	8508,9
4	45,57	7,01	4,76	2967,2
5	41,11	6,32	4,28	2763,8
6	36,63	5,64	3,87	2299,5
7	26,00	4,00	2,82	1549,6
8	3,23	0,50	0,34	922,3
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0

Աղյ. 1-ից երևում է, որ բնական լեռնալանջը բացահանքի կողի վրա ազդում է մինչև դրա 8-րդ հաշվարկային բլոկը, ինչի հիմքը գտնվում է

բացահանքի կողի 240 մ բարձրության վրա: Բնական լեռնալանջի կողմից աղյ. 1-ում ցույց են տրված հավելյալ բեռնվածքները, որոնք գումարվելու են բացահանքի կողի հնարավոր փլուզման պրիզմայի բաժանված տարրական հաշվարկային № 1...8 բլոկներին, ինչը բերված է աղյ. 2-ում:

Որպես օրինակ, աղյ. 2-ում ցույց է տրված հարավ-արևմտյան կողի վերին եզրագծից 50 մ հեռավորությունից տարածվող և 25° թեքությամբ բնական լեռնալանջի կայունության հաշվարկային պարամետրերը, համաձայն ներկայումս հայտնի մեթոդական ցուցումների պահանջների և ատենախոսությունում մշակված նոր մոտեցումների:

Ուժերի հանրահաշվական գումարման մեթոդի սահմանային հավասարակշռության պայմանով կողի տարրական բլոկների վրա լեռնալանջի կողմից փոխանցվող հավելյալ բեռնվածքները հաշվի են առնվում հետևյալ արտահայտությամբ.

$$n^{lkn.} = \frac{(\sum_{i=1}^n P_i + \sum_{i=1}^n P_i^{lkn.}) \times \cos\alpha_i \times \operatorname{tg}\varphi_n + \sum_{i=1}^n C_n \times l_i}{(\sum_{i=1}^n P_i + \sum_{i=1}^n P_i^{lkn.}) \times \sin\alpha_i} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_n \times \sum_{i=1}^n N_i + C_n \times L}{\sum_{i=1}^n T_i},$$

որտեղ $n^{lkn.}$ – կայունության պաշարի գործակիցն է հաշվի առնելով բնական լեռնալանջի անմիջական ազդեցությունը, $\sum_{i=1}^n P_i$ – առավել լարված սահքի մակերևույթով սահմանափակված և տարրական հաշվարկային բլոկների բաժանված փլուզման պրիզմայի զանգվածն է, $\sum_{i=1}^n P_i^{lkn.}$ – լեռնալանջի կողմից հաշվարկային բլոկների վրա ազդող լրացուցիչ բեռնվածքի գումարային զանգվածն է, l_i – i -երորդ տարրական հաշվարկային բլոկի հիմքի երկարությունն է, α_i – i -երորդ հաշվարկային բլոկի հիմքի թեքման անկյունն է, \cos , C_n և φ_n – մակաբացման ապարային զանգվածի սահքի դիմադրության բնույթագրիչներն են փոքրացված կայունության պաշարի գործակցի ընդունված չափով, $\sum_{i=1}^n N_i$ – սահքի հարթության վրա բացահանքի կողի տարրական բլոկներից առաջացող գումարային նորմալ ուժերն են, $\sum_{i=1}^n T_i$ – սահքի հարթության վրա բացահանքի կողի տարրական բլոկներից առաջացող գումարային սահքի ուժերն են:

Աղյ. 2-ից երևում է, որ բացահանքի վերին եզրից տարածվող բնական լեռնալանջը միջկողային լեռնային ապարային զանգվածի վրա առաջացնում է լրացուցիչ բեռնվածքներ, մինչև հաշվարկային տարրական 8-րդ բլոկը, ինչը համապատասխանում է մինչև բացահանքի հարավ-արևմտյան կողի 240 մ խորությունը:

Աղյուսակ 2

Քաջարանի բացահանքի հարավ-արևմտյան կողի վերին եզրագծից 50 մ հեռավորությունից տարածվող և 25° թեքությամբ բնական լեռնալանջի ազդեցությունից կողի կայունության հաշվարկային պարամետրերը, գործող մեթոդական ցուցումներով և առաջարկվող մեթոդիկայով

Բլոկի համարը	Բլոկի լայնությունը, ա, մ	Բլոկի բարձրությունը, հ, մ	Ծավալային զանգվածը, $\gamma, \text{տ/մ}^3$	Բլոկի զանգվածը, P, հազ. տ	Բլոկի հիմքի թեքման անկյունը ϕ , աստ.	$\sin \phi$	Բլոկի հիմքում սահեքի տանող հազ. տ	$\cos \phi$	Բլոկի հիմքում սահեքի պահող ուժը, N, հազ. տ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	68,85	30,41	2,31	4,84 ^{+16,38}	45	0,70	3,39 ^{+11,47}	0,70	3,39 ^{+11,47}
2	54,95	87,40	2,31	11,09 ^{+12,75}	42	0,67	7,43 ^{+8,54}	0,74	8,21 ^{+9,44}
3	55,81	139,75	2,31	18,02 ^{+8,54}	40	0,64	11,53 ^{+5,47}	0,76	13,69 ^{+6,49}
4	49,54	179,16	2,31	20,50 ^{+2,96}	38	0,61	12,51 ^{+1,81}	0,79	16,20 ^{+2,34}
5	52,59	181,19	2,31	22,01 ^{+2,76}	36	0,58	12,77 ^{+1,60}	0,81	17,83 ^{+2,24}
6	49,95	176,92	2,31	20,41 ^{+2,29}	34	0,56	11,43 ^{+1,28}	0,83	16,94 ^{+1,90}
7	49,64	171,01	2,31	19,61 ^{+1,54}	32	0,53	10,39 ^{+0,82}	0,85	16,67 ^{+1,32}
8	49,71	163,19	2,31	18,74 ^{+0,92}	31	0,51	9,56 ^{+0,48}	0,86	16,12 ^{+0,79}
9	49,83	153,49	2,31	17,67 ⁺⁰	29	0,48	8,48 ⁺⁰	0,87	15,37 ⁺⁰
10	49,61	141,86	2,31	16,26 ⁺⁰	27	0,45	7,32 ⁺⁰	0,89	14,47 ⁺⁰
11	49,76	128,62	2,31	14,78 ⁺⁰	26	0,44	6,51 ⁺⁰	0,90	13,31 ⁺⁰
12	49,68	113,58	2,31	13,03 ⁺⁰	24	0,40	5,21 ⁺⁰	0,91	11,86 ⁺⁰
13	49,73	96,94	2,31	11,14 ⁺⁰	23	0,39	4,34 ⁺⁰	0,92	10,25 ⁺⁰
14	49,91	78,65	2,31	9,07 ⁺⁰	21	0,35	3,17 ⁺⁰	0,93	8,43 ⁺⁰
15	49,70	58,60	2,31	6,73 ⁺⁰	19	0,32	2,15 ⁺⁰	0,95	6,39 ⁺⁰
16	57,39	37,23	2,31	4,94 ⁺⁰	18	0,30	1,48 ⁺⁰	0,95	4,69 ⁺⁰

$\phi = 35^\circ$ $\sum_{i=1}^n T_i = 117,67^{+31,47}$ հազ. տ. $\sum_{i=1}^n N_i = 193,81^{+35,99}$ հազ. տ

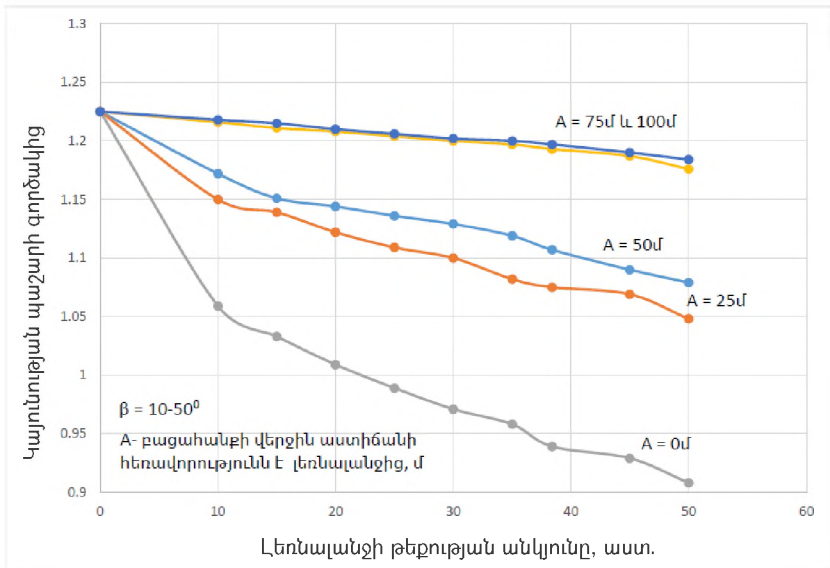
$L = 984,58$ մ, $C = 8,7$ տ/մ²

$n = 1.011$ $n^{lbn} = 1.136$

$CXL = 8,57$ հազ. տ

$tg \phi \times \sum_{i=1}^n N_i + C \times L = 0,7 \times 229,8 + 8,57 = 169,43$ հազ. տ

Մոդելավորման փորձերի արդյունքներից ստացվել է, որ բնական լեռնալանջի թեքության անկյան մեծացման և բացահանքի կողին վերին եզրից լեռնալանջի հեռավորության նվազման դեպքում բացահանքի բեռնված կողի կայունությունը նվազում է, ինչը ցույց է տրված նկ. 9-ում:



Նկ. 9. Լեռնային բացահանքի կողի կայունության պաշարի գործակցի կախվածությունը բնական լեռնալանջի թեքության անկյունից և կողի վերին եզրից ունեցած հեռավորությունից

ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ ԵՎ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Տրվել է Քաջարանի բացահանքի հանքավայրի ինժեներաերկրաբանական և հիդրոերկրաբանական կրճատ բնութագիրը, ինչպես նաև բացահանքի կողերում տարածված ապարատեսակների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները:

2. Կատարված է ներկայումս հայտնի բազմաթիվ գիտահետազոտական աշխատանքների վերլուծությունը, նվիրված ֆիզիկական մոդելային ստենդ-ներով բացահանքերի կողերում լարվածությունների հայտնաբերմանն ու գնահատմանը:

3. Ցույց է տրվել, որ ներկայումս լայնորեն կիրառվող հարթ մոդելավորման հայտնի ստենդներով հնարավոր չէ որոշել լեռնային բացահանքի վերջին աստիճանից վեր տարածվող բնական լեռնալանջի

ազդեցությունը բացահանքի՝ միջկողային ապարային զանգվածի լարվածային վիճակի վրա:

4. Քաջարանի բացահանքի միջկողային լեռնային ապարային զանգվածի որակի տարբեր հայտնի մեթոդներով գնահատման համալիր վերլուծության հիման վրա ցույց է տրվել, որ հարավ-արևմտյան աշխատանքային կողի լեռնային ապարային զանգվածի վիճակի ռացիոնալ գնահատման համար հնարավոր է կիրառել Հուլի GSI դասակարգման համակարգը:

5. Մշակվել է Քաջարանի բացահանքի Տաշտունի տեկտոնական խզվածքի ջրհագեցած և հավելյալ ծակոտկենային ճնշումներով՝ չորենացված, կոնսոլիդացված կավային գրունտների սահքի ամրության ցուցանիշների (Su) և ֆիզիկամեխանիկական մի շարք հատկությունների որոշման տեխնիկական առաջարկություն, հիմնված կավային գրունտներում CPT-ու ժամանակակից մեթոդի վրա:

6. Գնահատվել է Քաջարանի բացահանքի հողմնահարված մոնցոնիտներով և գրանոդիորիտներով ներկայացված չբեռնված կողի՝ միջկողային լեռնային ապարային զանգվածում, ձգման լարումներից առաջացած ճեղքերի զարգացման և՛ փոխադարձ հատման ստորին և՛ վերին սահմանները:

7. Ձգման ճեղքերով ներկայացված ապարային զանգվածի ամրության նվազման տեսության կիրառման դեպքում՝ Քաջարանի բացահանքի հարավ-արևմտյան կողի կայունության պաշարի գործակիցը, ստացվում է նախագծային տվյալներից 30%-ով ցածր: Դա բացատրվում է չբեռնված երկրամեխանիկական միջավայրում բացահանքի հատակում ձևավորվող ձգման լարումներից առաջացած ճեղքերի և դրանցում բարձր ծակոտենային ջրերի ճնշման պատճառով:

8. Մշակվել և կառուցվել է ծավալային ֆիզիկական մոդելավորման եռաչափ ստենդ, ինչը համաձայն մոդելավորվող պրոցեսների նմանության չափանիշներին հնարավորություն է տալիս լեռնային բացահանքերի պայմաններում լուծելու արդիական խնդիր՝ կապված բնական լեռնալանջով բեռնված բացահանքի կողում լարվածությունների տեղաբաշխման օրինաչափությունների հայտնաբերման, որոշման ու գնահատման՝ ինչպես նաև կողի կայունության հիմնավորման մեթոդի ճշտության բարձրացման հետ:

9. Ֆիզիկական մոդելավորման նոր եռաչափ ստենդը կարող է կիրառվել նաև սակավաթեք տարածքների վրա ձևավորվող ապարային բազմաստիճան լցակույտերում լարվածային ուժերի տեղաբաշխման որոշման և դրա հետ կապված՝ լցակույտերի ռացիոնալ պարամետրերի երկրամեխանիկական հիմնավորման աշխատանքներում:

10. Ֆիզիկական մոդելավորման համար ընտրված համարժեք նյութի ֆիզիկամեխանիկական և դեֆորմացիոն բնութագրերը որոշվել են փոքր

լարումների նկատմամբ զգայուն ուղիղ և եռառանցք կտրման լաբորատոր փորձասարքերի, ինչպես նաև երկրատեխնիկական հետազոտությունների կատարման CPT սարքով:

11. Կատարվել է մոդելավորման մեջ կիրառված տենզոտվիչների ստուգաչափում, համադրելով տվիչի ընդունման մակերեսի վրա հավասարաչափ բաշխված արտաքին բեռնման զանգվածից առաջացած լարվածության և համարժեք նյութի մեջ տեղադրված նույն տվիչների վրա լիթոստատիկ ճնշման ($\gamma \times h$) արժեքները, որոշվել է նրանց միջև գծային կախվածությունը:

12. Մշակվել է բացահանքի ապարային զանգվածի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի վրա ազդող բացահանքի կողի վերին եզրից տարածվող բնական լեռնալանջի առավելագույն բարձրության որոշման եղանակ, ըստ որի բացահանքի կողը և դրանից վեր տարածվող բնական լեռնալանջը դիտարկվում է որպես ապարային զանգվածի մեկ երկրամեխանիկական ամբողջություն:

13. Մշակվել են տվյալների բանկ, որը հնարավորություն է տալիս լեռնալանջի տարբեր թեքությունների դեպքում որոշել մոդելի ստորին հիմնակմախքում համարժեք նյութում տեղադրված տվիչներով բացահանքի կողի և լեռնալանջի համարժեք նյութերի զանգվածների գումարային արժեքները, ինչպես նաև մոդելի ստորին հիմնակմախքում տվիչների վրա լեռնալանջի համարժեք նյութի բեռնվածքների մեծությունները:

14. Ծավալային ֆիզիկական մոդելավորմամբ «Ձանգեզուրի ՊՄԿ» ՓԲԸ Քաջարանի հարավ-արևմտյան կողի բարձրությամբ որոշվել են այն սահմանները, որտեղ լեռնալանջի ապարային զանգվածը ազդում է բացահանքի կողի ապարների լարվածադեֆորմացիոն վիճակի վրա: Վերջիններս որոշվել են բացահանքի հարավ-արևմտյան կողի վերին նիշից վեր տարածվող լեռնալանջի թեքության տարբեր անկյունների և կողի վերին աստիճանից մինչև լեռնալանջի սկիզբը եղած տարբեր հեռավորությունների դեպքում:

15. Առաջարկվել է ճշտում մտցնել ներկայումս լեռնային բացահանքերի պայմաններում կիրառվող կողերի կայունության որոշման մեթոդական ցուցումներում, հաշվի առնելով բնական լեռնալանջի ազդեցությունը: Դա կատարվում է բացահանքի կայունության հաշվարկային տարրական բլոկների զանգվածին գումարելով լեռնալանջի կողմից փոխանցվող բեռնվածքները, համաձայն ֆիզիկական մոդելավորման ժամանակ ստացված լարվածության բաշխվածության օրինաչափությունների:

Ատենախոսության հիմնական դրույթները հրատարակված են հետևյալ գիտական աշխատանքներում.

1. ՀՀ Արտոնագիր N 713 Y. Բնական լեռնալանջով բեռնված բացահանքի կողում լարվածությունների գրանցման մոդելավորման ստենդ / **Լ.Ա. Մանուկյան, Վ.Վ. Հովակիմյան և Տ.Լ. Մանուկյան.**- Երևան, 2022.- 14 էջ:

2. **Բալումյան Գ.Ռ., Հովակիմյան Վ.Վ.** Բացահանքերի և լցակայանների կողերի կայունության հաշվարկման եղանակների վերլուծություն // ՀԱՊՀ-ի Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու.- Երևան, 2019.- Մաս. 2.- էջ 413-421:

3. **Մանուկյան Լ.Ա., Հովակիմյան Վ.Վ.** «Զանգեզուր ՊՄԿ» ՓԲԸ Քաջարանի բացահանքի հարավ-արևմտյան կողի լեռնային զանգվածի վիճակի ռեյթինգային գնահատում // ՀԱՊՀ-ի Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու.- Երևան, 2020.- Մաս 2.- էջ 448-458:

4. **Hovakimyan V.V.** Slope stability assessment of the south-west overall slope of the qajaran open-pit mine based on the GSI rock mass classification system // Proceedings of NPUA: Metall., Mat. Sc., Min. Eng.- Yerevan, 2021.- № 2.- P. 97-105.

5. **Манукян Л.А., Овакимян В.В.** Способ геотехнического мониторинга пород разлома юго-западного борта Каджаранского карьера // Вестник НПУА: Мет., Матер., Недр.- 2021.- № 2.- С. 97-105.

6. **Մանուկյան Լ.Ա., Հովակիմյան Վ.Վ.** Ֆիզիկական մոդելավորման համարժեք նյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների որոշում՝ գրունտներում էլեկտրոնային կոնի ներթափանցման հետազոտություններով // ՀՃԱ-ի Լրաբեր.- 2021.- Հ. 18, № 2.- էջ 206-210:

7. **Մանուկյան Լ.Ա., Հովակիմյան Վ.Վ.** Բնական լեռնալանջով բեռնված լեռնային բացահանքի կողում լարվածությունների գրանցման ֆիզիկական եռաչափ մոդելավորման ստենդի մշակումը // ՀԳԱԱ և ՀԱՊՀ-ի Տեղեկագիր. Տեխ. գիտ. սերիա.- Երևան, 2022.- Հ. 75, № 2.- էջ 230-238:

8. **Hovakimyan V.V., Manukyan L.A.** Influence of Unloading Conditions on the Rock Mass Strength of the Overall Slope of the Open Pit // Mining Informational and Analytical Bulletin (MIAB).- 2022.- № 10-1.- P. 14-24.

9. **Մանուկյան Լ.Ա., Հովակիմյան Վ.Վ.** Մոդելային հետազոտություններում համարժեք նյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների որոշումը // ՀԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր. Տեխնիկական գիտությունների սերիա.- 2022.- Հ. LXXV, № 1.- էջ 37-42.

10. **Hovakimyan V.V.** Qajaran open-pit overall slope stability assessment based on the stress redistribution theory // Proceedings of NPUA: Metall., Mat. Sc., Min. Eng.- Yerevan, 2022.- Vol. 1.- P. 86-96.

**ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ
ОСЛАБЛЕННОГО ТЕКТОНИЧЕСКИМИ РАЗЛОМАМИ БОРТА
НАГОРНОГО КАРЬЕРА**

РЕЗЮМЕ

Обоснование устойчивости конструктивных элементов расположенных со сложными рельефными условиями геомеханической среде бортов нагорно-высотных карьеров является одна из важных проблем его бесперебойной и эффективной эксплуатации. Опыт эксплуатации показал, что геомеханическое обоснование и определение устойчивости борта нагорного карьера еще усложняется, когда над верхней бровкой борта карьера распространяется ненарушенный естественный склон горных пород, что в напряженно-деформируемой среде пород борта нагорного карьера формирует поле высоких напряжений.

Анализ существующих работ по определению и обоснованию коэффициента запаса устойчивости бортов карьеров показывает, что в настоящее время известны немногочисленные исследования, где выдвинута идея, что устойчивость борта нагорного карьера обусловлена, также, влиянием и пространственного расположения естественного склона простирающегося над верхней бровкой уступа борта карьера. Это предопределило цель настоящих исследований заключающейся путем метода физического трехмерного моделирования выполнить геомеханическое обоснование устойчивости для определения рациональных параметров борта нагруженного простирающимся над верхней бровкой карьера естественным склоном. В этой связи решены ряд задач, характеризующих научную новизну диссертационной работы. В частности, разработан способ исследования некоторых физико-механических характеристик грунтов тектонического нарушения распространяющегося под ослабленным бортом Каджаранского нагорного карьера путем проникновения статического кона. Поставленные задачи в диссертационной работе решены на основании разработки нового стенда моделирования трехмерной конструкции с использованием эквивалентных материалов. Объемными модельными исследованиями, в горной массе борта исследуемого нагорного карьера выявлены напряжения вызванные влиянием простирающегося над верхней бровкой борта нагорного карьера естественного склона. При этом для исследуемого борта карьера определена глубина и зона распространения влияния этих напряжений. Для создания геомеханической модели устойчивости борта нагорного карьера выполнены, также, физические модельные исследования с целью выявления закономерностей распространения напряжений в породах борта нагорного карьера.

Созданный стенд физического моделирования многофункциональный и может быть использован как при исследовании закономерностей распределения в эквивалентном материале дополнительных напряжений вызванных вертикальной нагрузкой естественного склона распространяющегося от верхней бровки борта карьера, так и при исследовании напряжений возникающих в многоярусном отвале, отсыпаемого в условиях сложного рельефа гористой местности.

Производством модельных исследований стало возможным в условиях нагруженной геомеханической среды разработать ряд зависимостей между

вертикально сжимающими напряжениями возникающими влиянием естественного склона и высотой борта карьера. Практическое применения последних позволяет повысить достоверность геомеханического обоснования устойчивости откосов карьера, а также точности действующих в настоящее время методических рекомендаций по определению и обоснованию устойчивости бортов нагорных карьеров.

По полученным трехмерным физическим моделированием материалам разработана методика оценки влияния на устойчивость борта нагорного карьера простирающегося над верхней бровкой нагорного карьера естественного склона горных пород с конкретными геометрическими параметрами.

В рамках темы диссертации опубликовано 10 научных работ.

**GEOMECHANICAL SUBSTANTIATION OF THE STABILITY OF THE WALL
OF THE UPLAND OPEN PIT WEAKENED BY TECTONIC FAULTS**

SUMMARY

Justification of the stability of the structural elements located with difficult relief conditions in the geomechanical environment of the walls of the high-altitude open pits is one of the important problems for the uninterrupted and efficient operation of mining. Operational experience has shown that the geomechanical substantiation and determination of the stability of the wall of a mountain pit becomes even more complicated when an undisturbed natural slope of rocks spreads over the upper bench of the wall of the pit, which forms a high stress field in the stress-strain environment of the rocks of the wall of the mountain pit.

An analysis of existing works on the determination and justification of the stability factor of open pit walls shows that at present there are few studies where the idea has been put forward that the stability of a mountain pit wall is also due to the influence and spatial arrangement of the natural slope extending above the upper bench of the pit wall. This predetermined the purpose of the present research, which consists in using the method of physical three-dimensional modeling to perform a geomechanical justification of stability in order to determine the rational parameters of the wall loaded by the natural slope extending above the upper crest of the quarry. In this regard, a number of problems have been solved that characterize the scientific novelty of the dissertation work. In particular, a method has been developed for studying some physical and mechanical characteristics of soils of a tectonic disturbance propagating under the weakened wall of the Qajaran upland quarry by penetrating a static cone. The above tasks in the dissertation work are solved on the basis of the development of a new stand for modeling three-dimensional construction using equivalent materials. In the rock mass of the wall of the studied upland open pit, the volumetric model studies of stresses were revealed caused by the influence of the natural slope extending over the upper bench of the wall of the upland open pit. At the same time, for the studied wall of the quarry, the depth and zone of distribution of the influence of these stresses were determined. Also, physical modeling studies were carried out in order to identify distributions of stress propagation in the rocks of the wall of the mountain open pit, to create a geomechanical model of the stability of the wall.

The created physical modeling stand is multifunctional and can be used both in the study of distribution patterns in the equivalent material of additional stresses caused by the vertical load of the natural slope propagating from the upper bench of the open-pit wall, and in the study of stresses arising in a multi-benched rock wastes dumps located in conditions of complex mountainous terrain.

In the conditions of a loaded geomechanical environment, the production of modeling studies made it possible to develop a number of relationships between vertical compressive stresses arising from the influence of a natural slope and the height of the open-pit wall. The practical application of the latter makes it possible to increase the reliability

of the geomechanical substantiation of the stability of open pit slopes, as well as the accuracy of the current methodological recommendations for determining and substantiating the stability of the walls of upland open pits.

Based on the materials obtained by three-dimensional physical modeling, a method for assessing the impact on the stability of the wall of a mountain quarry, as well, over the upper bench of a mountain open pit extends natural non-exposed slope with specific geometric parameters has been developed.

10 scientific papers have been published on the topic of the dissertation.

