ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 2

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 2

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

KONCHILIK ISHLARIDA KARYER BORTLARINING TURG‘UNLIGINI BAHOLASHDAGI SONLI USULLARNING TAHLILI

Norov G‘ulomjon Mirzog‘olib o‘g‘li
Sharq universiteti, o‘qituvchi, Navoiy
E-mail: norovg91@mail.ru
Science ID: MNV-0326-0001
ORCID: 0009-0000-1580-9505
Tel: (90) 501-25-23

Annotatsiya. Ushbu maqola ochiq konlarda karyer bortlarining turg‘unligini o‘rganishga bag‘ishlangan bo‘lib, u sanoat xavfsizligi va qazib olish jarayonlarining iqtisodiy samaradorligini ta’minlash bilan bog‘liq dolzarb masalalarni qamrab oladi. Tadqiqotning maqsadi differensial tenglamalarni yechishning sonli usullari asosida karyer bortlari turg‘unligini baholashning matematik modelini ishlab chiqishdan iborat. Modellashtirish jarayonida Pikarning ketma-ket yaqinlashish usuli, Eyler usuli va Teylor qatoriga yoyish usullaridan foydalanilgan. Analitik va sonli yechimlarni taqqoslash orqali deformatsion jarayonlarni tahlil qilish imkoniyati baholandi. Natijada karyer borti bo‘ylab deformatsiyalar taqsimlanishi va kuchlanishlarning to‘planish zonalari aniqlandi. Olingan natijalar bort parametrlarini loyihalash, xavfli zonalarni prognozlash hamda konchilik ishlarida xavfsizlikni oshirishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: darzlangan zonalar, klassik, kompleks, retsenziya, regression tahlil, keys-stadi, vektor, lokal tahlil, ekspluatatsiya, anizotropiya, intellektual.

Аннотация. Данная статья посвящена изучению устойчивости бортов карьеров на карьерах открытого типа и охватывает актуальные вопросы, связанные с обеспечением промышленной безопасности и экономической эффективности процессов разработки. Целью исследования является разработка математической модели оценки устойчивости бортов карьера на основе численных методов решения дифференциальных уравнений. В процессе моделирования использовались метод последовательных приближений Пикара, метод Эйлера и методы разложения в ряд Тейлора. Оценена возможность анализа деформационных процессов путем сравнения аналитических и численных решений. В результате определено распределение деформаций и зоны накопления напряжений вдоль борта карьера. Полученные результаты имеют практическое значение при проектировании бортовых параметров, прогнозировании опасных зон и повышении безопасности при горных работах.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: трещиноватые зоны, классический, комплексный, рецензия, регрессионный анализ, кейс-стади, векторный, локальный анализ, эксплуатация, анизотропия, интеллектуальный.

Annotation. This article is devoted to the study of the stability of quarry sides in open-pit mines and covers topical issues related to ensuring industrial safety and the economic efficiency of mining processes. The purpose of the research is to develop a mathematical model for assessing the stability of quarry sides based on numerical methods for solving differential equations. In the modeling process, Picard's successive approximation method, Euler's method, and Taylor series expansion methods were used. The possibility of analyzing deformation processes was assessed by comparing analytical and numerical solutions. As a result, the distribution of deformations and stress accumulation zones along the quarry side were determined. The obtained results are of practical importance in the design of onboard parameters, forecasting of hazardous zones, and increasing safety during mining operations.

Keywords: fractured zones, classical, complex, review, regression analysis, case study, vector, local analysis, exploitation, anisotropy, intellectual.

KIRISH

Ochiq konlarda foydali qazilmalarni qazib olish jarayonida karyer bortlarining turg‘unligini ta’minlash konchilik ishlarining muhim ilmiy va amaliy muammolaridan biri hisoblanadi. Bortlarning buzilishi, texnologik jarayonlarning to‘xtashi va katta iqtisodiy yo‘qotishlarga olib kelishi mumkin. Ayniqsa karyer chuqurligining ortishi va murakkab kon-geologik sharoitlarda tog‘ jinslarining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini aniq baholash masalasi yanada dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Karyer bortlarining turg‘unligiga tog‘ jinslarining bir jinsli emasligi, darzlangan zonalar, gidrogeologik sharoitlar hamda konchilik ishlarida ishlatiladigan texnika va mexanizmlardan kelib chiqadigan yuklamalar kabi ko‘plab omillar ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu omillarning o‘zaro ta’siri kon massivida murakkab deformatsion jarayonlarni yuzaga keltiradi, bu jarayonlarni faqat analitik usullar yordamida to‘liq tavsiflash qiyin. Shu sababli deformatsiyalarni baholash va xavfli zonalarni aniqlashda differensial tenglamalarni yechishga asoslangan sonli modellashtirish usullaridan foydalanish zarur hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotda ochiq karyer bortlarining turg‘unligini baholash uchun differensial tenglamalarni yechishning sonli usullariga asoslangan matematik model ishlab chiqiladi. Tadqiqotning dolzarbligi karyer bortlarining geomexanik holatini yanada aniqroq baholash va qulash xavfini oldindan prognozlash imkonini beruvchi yondashuvni taklif etish bilan belgilanadi. Ishning ilmiy yangiligi esa

ISSN 3030-3907

klassik sonli usullarni kon massivining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini tahlil qilishda kompleks qo‘llash orqali karyer bortlari turg‘unligini baholash usulini takomillashtirishdan iborat.

Maqola kirish, tadqiqot usullari, olingan natijalarning tahlili va muhokamasiga bag‘ishlangan bo‘lim hamda asosiy xulosalar va amaliy tavsiyalar ifodalangan xulosadan iborat.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Ochiq karyerlar bortlarining turg‘unligini o‘rganish masalasi kon geomexanikasi va matematik modellashtirish sohasida muhim tadqiqot yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mahalliy va xorijiy olimlarning ishlarida karyer bortlarining turg‘unligini baholashning nazariy asoslari hamda muhandislik hisoblash usullari keng yoritilgan.

V.N. Melnikov, M.M. Protodyakonov va L.I. Baronlarning tadqiqotlarida tog‘ jinslarining fizik-mexanik xususiyatlari hamda qiyaliklarning yemirilish sharoitlari asosida karyer bortlari turg‘unlik nazariyasining asoslari ishlab chiqilgan. Keyingi tadqiqotlarda A.A. Kuznetsov, V.S. Fisenko va A.G. Bondarenko tomonidan chegaraviy muvozanat usullari asosida karyer bortlari turg‘unligini baholashning muhandislik yondashuvlari takomillashtirilgan.

Xorijiy tadqiqotchilar E. Hoek, J. Bray, D. Read va P. Stacey ishlarida tog‘ jinslari massivining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini tahlil qilishda sonli modellashtirish usullari, jumladan chekli elementlar va chekli ayirmalar usullarining samaradorligi ko‘rsatilgan. Shuningdek, R. Courant, K. Friedrichs, A.N. Tixonov va A.A. Samarskiylarning ilmiy ishlari differensial tenglamalarni sonli yechish asoslarini ishlab chiqish orqali geomexanik jarayonlarni modellashtirishga muhim hissa qo‘shgan.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, mavjud tadqiqotlarning aksariyati murakkab hisoblash modellariga yoki an’anaviy muhandislik usullariga asoslangan. Shu bilan birga, karyer bortlarining deformatsion jarayonlarini tezkor baholash uchun differensial tenglamalarni yechishning klassik sonli usullarini kompleks qo‘llash masalalari yetarli darajada o‘rganilmagan. Shu sababli mazkur tadqiqotda Pikar, Eyler va Teylor usullariga asoslangan yondashuv orqali karyer bortlarining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini modellashtirish taklif etiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqot metodologiyasi ochiq karyer bortlarining turg‘unligini baholashga kompleks yondashuvga asoslangan bo‘lib, nazariy tahlil, sonli modellashtirish va olingan natijalarni qiyosiy umumlashtirishni o‘z ichiga oladi. Tadqiqot konchilik geomexanikasining zamonaviy talablarini hisobga olgan holda

ISSN 3030-3907

shakllantirilgan va tog‘ massivlarining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatining shakllanish qonuniyatlarini aniqlashga qaratilgan [1].

Tadqiqotning axborot bazasini karyer bortlarining turg‘unligi, geomexanika va differensial tenglamalarni yechishning sonli usullariga bag‘ishlangan mahalliy va xorijiy ilmiy nashrlar, monografiyalar va me’yoriy-texnik hujjatlar tashkil etdi [2,3]. Bundan tashqari, Scopus va Web of Science ma’lumotlar bazalarida indekslangan retsenziyalanadigan jurnallarda chop etilgan materiallardan foydalanilgan, bu esa dastlabki ma’lumotlarning yuqori darajadagi ishonchliligini ta’minlaydi [4].

Tadqiqotda quyidagi tahlil usullari qo‘llanilgan. Iqtisodiy-statistik usul karyer bortlarining parametrlari va tog‘ jinslarining xususiyatlari to‘g‘risidagi ma’lumotlarni umumlashtirish va tizimlashtirish uchun ishlatilgan. Qiyosiy tahlil yordamida turg‘unlik masalalarining analitik va sonli yechimlarini taqqoslash, shuningdek, turli xil hisoblash usullarining samaradorligini baholash amalga oshirildi [5].

Deformatsion jarayonlarni miqdoriy baholash uchun bortning geometrik parametrlari, tog‘ jinslarining fizik-mexanik xususiyatlari va deformatsiya qiymatlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rnatishga imkon beradigan regression tahlil elementlaridan foydalanildi. Tadqiqotning asosiy vositasi differensial tenglamalarni Pikar usuli, Eyler usuli va Teylor qatoriga yoyish usullari bilan yechishga asoslangan matematik modellashtirish hisoblanadi [6,7].

Bundan tashqari, tadqiqotda keys-stadi usuli qo‘llanilgan bo‘lib, uning doirasida ochiq karyerlar bortlarining turg‘unligini yo‘qotishning namunaviy holatlari tahlil qilingan. Bu olingan nazariy natijalarni konchilik ishlarining real sharoitlariga moslashtirish va tadqiqotning amaliy ahamiyatini oshirish imkonini berdi [8].

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Ochiq karyer bortining turg‘unligini tadqiq qilishda M.Isroilovning “Hisoblash usullari” (2008) da keltirilgan formulalar va yondashuvlar asosida differensial tenglamalarni yechishning sonli usullari qo‘llanilgan. Tog‘ jinslari massivining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini modellashtirish uchun analitik usullar (Pikar usuli, Teylor qatoriga yoyish) va sonli usullar (Eyler usuli, ketma-ket yaqinlashish usuli) dan foydalanilgan.

1. Masalaning qo‘yilishi

Bort deformatsiyalarini baholash uchun quyidagi ko‘rinishdagi tenglamalar tizimi ko‘rib chiqildi:

$$u'(x) = f(x,u),\ \ u(x_0) = u_0$$

ISSN 3030-3907

bu yerda $u\ (x)$ – koordinataga bog‘liq deformatsiyalar vektori, $f\ (x, u)$ – kon massivining ichki kuchlanishlarini tavsiflovchi funksiya.

Yechish uchun quyidagi usullardan foydalanildi:

Pikarning ketma-ket yaqinlashish usuli:

$$u_{n+1}(x) = u_0 + \int_{x_0}^{x} f(t, u_n(t))dt$$

Eyler metodi:

$$u_{n+1} = u_n + hf(x_n, u_n),\ h$$ – to‘rning qadami

Teylor qatoriga yoyish:

$$u(x) = u(x_0) + u'(x_0)(x - x_0) + \frac{u''(x_0)}{2!}(x - x_0)^2 + \frac{u^{(3)}(x_0)}{3!}(x - x_0)^3 \ldots$$

bu yerda $u', u'', \ldots$ hosilalar differensial tenglama asosida murakkab funksiyalarni differensiallash qoidalaridan foydalanib hisoblab chiqilgan.

2. Olingan natijalar tahlili

Hisob-kitoblar shuni ko‘rsatdiki, bort asosidan dastlabki 50-100 m masofada deformatsiyalar deyarli chiziqli ravishda to‘planadi va $|u\ (x)| < 0{,}05$ ruxsat etilgan qiymatlar oralig‘ida bo‘ladi. Eyler usulidan $h = 0{,}1$ qadamda foydalanish 1% gacha aniqlikni ta’minladi, bu quyidagi formula bo‘yicha xatolikni baholashga mos keladi:

$$e_n = |u(x_n) - u_n| \le L \int_{x_0}^{x} e_{n-1}(t)dt$$

bu yerda L – $f\ (x, u)$funksiyaning Lipshis doimiysi.

Pikar usuli yechimning analitik yaqinlashishini tasdiqladi va Teylor qatoriga yoyish bortning kichik qismlaridagi deformatsiya qiymatlarini yuqori aniqlik bilan aniqlashga imkon berdi.

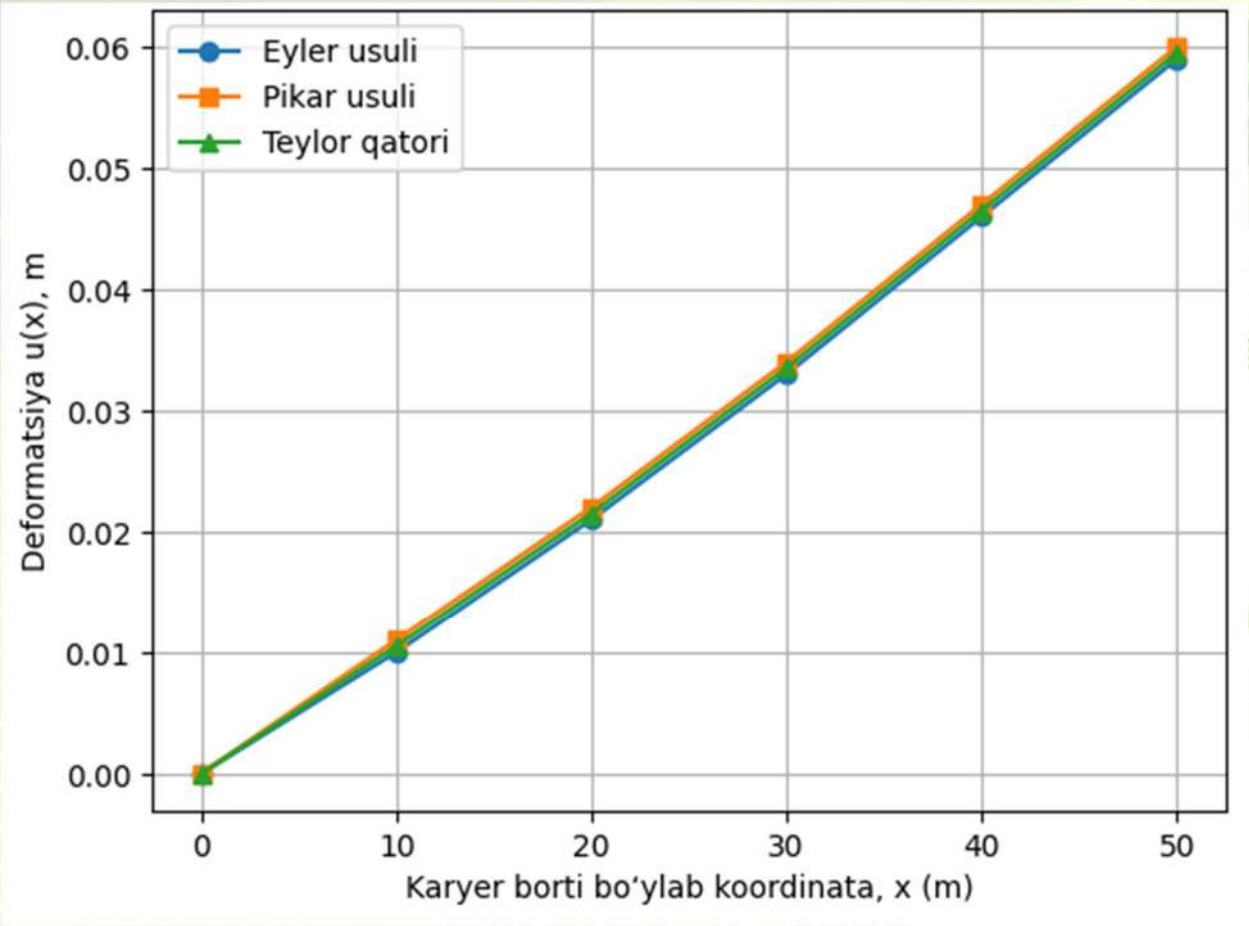
1-jadval

Bort deformatsiyalarini sonli modellashtirish natijalari

X, m	Eyler bo‘yicha $u(x)$, m	Pikar bo‘yicha $u(x)$, m	Teylor bo‘yicha $u(x)$, m
0	0.000	0.000	0.000
10	0.010	0.011	0.0105
20	0.021	0.022	0.0215
30	0.033	0.034	0.0335
40	0.046	0.047	0.0465
50	0.059	0.060	0.0595

Eslatma: qiymatlar verguldan keyin 3 xonagacha yaxlitlangan.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Karyer borti bo‘ylab deformatsiyalar taqsimoti (Eyler, Pikar va Teylor usullarida karyer borti deformatsiyalarini hisoblash natijalarini taqqoslash).

3. Nazariya bilan taqqoslash va muhokama qilish.

Olingan natijalarni analitik yechimlar bilan taqqoslash (iloji boricha) yaxshi muvofiqlikni ko‘rsatdi. Usullar o‘rtasidagi farqlar 2-3 % dan oshmaydi, bu esa tanlangan sonli yondashuvlarning to‘g‘riligini tasdiqlaydi. Asosiy kuzatishlar:

- Eyler usulini amalga oshirish oson, ammo aniqlik uchun kichik *h* qadamni talab qiladi.

- Pikar usuli yaqinlashishni ta’minlaydi va integrallari ma’lum bo‘lgan boshlang‘ich shartlar uchun qo‘llaniladi.

- Teylor qatoriga yoyish kichik intervallardagi deformatsiyalarni lokal tahlil qilish uchun samarali.

Tadqiqot cheklovlari:

- Kuchlanishlarning chiziqli va kuchsiz nochiziqli modeli uchun modellashtirish amalga oshirildi.

- Harorat o‘zgarishi va suvga to‘yinishning mumkin bo‘lgan ta’siri hisobga olinmagan.

ISSN 3030-3907

- Murakkabroq ssenariylar uchun chekli elementlar usullaridan foydalanish talab etiladi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida differensial tenglamalarni sonli yechishga asoslangan ochiq karyer bortlarining turg‘unligini baholashning matematik modeli ishlab chiqildi va sinovdan o‘tkazildi. Pikar usuli, Eyler usuli va Teylor qatoriga yoyish usullaridan foydalanish kon massivining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini miqdoriy baholash va deformatsiyalarning karyer borti bo‘ylab taqsimlanish qonuniyatlarini aniqlash imkonini bergan.

Aniqlandiki, deformatsiyalar bortning yuqori qirrasiga yaqinlashgan sari nochiziqli ravishda oshib boradi va turg‘unlikni yo‘qotish doirasida eng katta xavf tug‘diradigan kuchlanishlar konsentratsiyasi zonalarini hosil qiladi. Olingan natijalar geomexanik tahlil masalalarida sonli usullarning yuqori samaradorligini tasdiqlaydi va ularning murakkab geologik sharoitlarda an’anaviy analitik yondashuvlarga nisbatan afzalligini ko‘rsatadi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati taklif etilgan modelni loyihalash va ekspluatatsiya qilish bosqichlarida karyer bortlarining turg‘unligini tezkor prognozlash uchun qo‘llash mumkinligi bilan izohlanadi. Olingan bog‘lanishlar asosida bort qiyaliklarining geometrik parametrlarini optimallashtirish, bortning qiyalik burchagini to‘g‘rilash va uni mustahkamlashning oqilona sxemalarini tanlash tavsiya etiladi. Bu favqulodda vaziyatlar ehtimolini kamaytirish, foydali qazilmalarning yo‘qotilishini kamaytirish va kon ishlarining iqtisodiy samaradorligini ta’minlash imkonini beradi.

Amaliy tavsiyalar sifatida karyerlarning geomexanik monitoringi tizimlariga raqamli modellashtirishni joriy etish, shuningdek, olingan modellardan me’yoriy hujjatlar va loyiha yechimlarini ishlab chiqishda foydalanish taklif etiladi. Bundan tashqari, burg‘ilash-portlatish ishlarini rejalashtirishda va karyer texnikasini ishlatish rejimlarini tanlashda hisoblash natijalarini hisobga olish maqsadga muvofiqdir.

Keyingi tadqiqotlar istiqbollari kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatining fazoviy (2D va 3D) modellarini ishlab chiqish, tog‘ jinslarining anizotropiyasi va yoriqligini hisobga olish, shuningdek, dinamik va seysmik yuklarni integratsiyalash bilan bog‘liq. Sonli modellashtirish usullari va katta ma’lumotlar usullarini qo‘shimcha ravishda qo‘llash prognozlash aniqligini oshirish va ochiq karyerlar bortlarining turg‘unligini boshqarishning intellektual tizimlarini yaratish imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Abdellah W., Beblawy M., Mohamed M. *Evaluation of open pit slope stability using various slope angles and element types. Mining of Mineral Deposits*. 2018. https://doi.org/10.15407/mining12.02.047
2. Liu W., Sheng G., Kang X., Yang M., Li D., Wu, S. *Slope Stability Analysis of Open-Pit Mine Considering Weathering Effects. Applied Sciences*, 14(18):8449, 2024. https://doi.org/10.3390/app14188449
3. Litonin V.A., Talgamer B.L., Roslavtseva Y.G. *Анализ устойчивости бортов карьеров в четвертичных отложениях*. *International Research Journal*, №4(142), 2024. https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.146
4. Maratov, T. *Slope Stability Analysis of the Bozshakol Open Pit Mine Using the Finite Element Method* (Master’s Thesis). *School of Mining and Geosciences*, 2023.
5. Эргашев Н.Х., & Шарипов Л.О. *Анализ современных методов определения и оценки параметров устойчивых откосов бортов карьеров*. *Universum: технические науки*, 2(131), 2025. https://7universum.com/ru/tech/archive/item/19413
6. Мухаметкалиев Б.С., Калюжный Е.С., Съедина С.А., Абдибеков Н.К. *Геомеханическое обеспечение устойчивости бортов карьера при увеличении глубины отработки. Горный журнал*, 2018.
7. Багадасарьян А.Г., Сытенков В.Н. К вопросу об изменении устойчивости бортов с увеличением глубины карьера. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2014.
8. Быковцев А.С., Прохоренко Г.А., Сытенков В.Н. Моделирование геодинамических и сейсмических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых. Ташкент: Фан, 2000.
9. Hoek E., Bray J. *Rock slope engineering*. 3rd ed., *Taylor & Francis*, 2005.
10. Hustrulid W., McCarter M.K., Van Zyl J. (Eds.) *Slope stability in surface mining*. *Society for Mining, Metallurgy and Exploration,* Inc., 2000.
11. Giani G. *Rock slope stability analyses*. *A.A. Balkema*, 1992.
12. Aydan O. *Time-Dependency in Rock Mechanics and Rock Engineering*. *CRC Press*, 2017.
13. Burd A. *Mathematical Methods in the Earth and Environmental Science*. *Cambridge University Press*, 2019.
14. Куанышбекова А.А. *Изучение методов расчета устойчивости карьерных откосов с учетом пликативной нарушенности*. 2010.
15. Кропоткин М.П., Фоменко И.К., Колошеин В.Б. *Вероятностные расчеты устойчивости откосов в насыпных массивах*. *Инженерная геология*, 2024.

ISSN 3030-3907

16. Kliche, C.A. *Rock slope stability / Устойчивость горных откосов*. Society for Mining Metallurgy and Exploration Inc., 2018.
17. Neil Bar, Nick Barton *Q-slope method for rock slope engineering (Meta-analytical classification method). Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2017. DOI:10.1007/s00603-017-1305-0
18. Hoek E., Brown E.T. *Updated Hoek-Brown failure criterion for rock masses*. Rocscience White Paper. 2002
19. M.Isroilov Hisoblash usullari 2-qism, Oliy o‘quv yurtlari talabalari uchun darslik. – T.: Iqtisod-Moliya, 2008. – 320 b.
20. Норов Ю.Д., Заиров Ш.Ш. *Проектирование карьеров и обеспечение устойчивости бортов.* –Монография. – Навои, Изд. «Навои», 2015. – 252 с.
21. G.M. Norov, O.J. Khudayberdiev, S.Kh. Rakhmatov, M.R. Mekhmonov, *Assessment of the stability of the pit wall using the cubic spline method and the slope angle of the pit wall trajectory. EPRA International Journal of Research and Development (IJRD)*, USA, August 2023, Volume: 8, Issue: 8. p.75-80.
22. Норов Г.М., Худайбердиев О.Ж., Рахматов С.Х., Мехмонов М.Р. *Determination of convex shape of the trajectory of the quarry board trajectory by the method of cubic splines. The American Journal of Interdisciplinary Innovations and Research*, USA, November 2023, Volume 05, Issue 11, Pages: 51-62.
23. Норов Г.М., Худайбердиев О.Ж., Рахматов С.Х., Карабекян С.Х. *Задача об определении формы отвалов, методах вычисления их объёмов и массы. Горный вестник Узбекистана научно-технический и производственный журнал*, №4(95) октябрь-декабрь 2023. стр. 69-71 стр.
24. Норов Г.М., Худайбердиев О.Ж. *Определение координат центра масс горного массива ограниченного бортом карьеры и плоскостью скольжения. Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy Universitetining “O‘zMU xabarlari” nomli ilmiy jurnali* 2024 2/2 soni 124-130 b. https://journalsnuu.uz/index.php/1/issue/view/141/556
25. Насиров У.Ф.,Худайбердиев О.Ж., Норов Г.М. *Определение коэффициента запаса устойчивости центра тяжести горного массива. Бухоро давлат университети илмий ахбороти” илмий-назарий журнали* №6 сонида 2025. – 96-101 б. https://buxdu.uz/media/jurnallar/ilmiy_axborot/ilmiy_axborot_6_2025_1.pdf

ISSN 3030-3907