

Код МРНТИ 52.13.05

*А.Б. Кыдрашов¹, Н.М. Жумагалиева², М.Ж. Рыскалиев², С.М. Жарылгапов²¹Джордж Вашингтон университеті (Вашингтон қ., АҚШ),²Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті (Орал қ., Қазақстан)

ТАЗАРТПА КЕҢІСТІГІНІҢ МАҢЫНДАҒЫ МАССИВТІҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛЫ КҮЙІН ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕУ

Аннотация. Тазартпа қазбасының табаны мен төбесіндегі бұзылыс аймағының қалыптасу динамикасын талдау нәтижесінде байқаймыз. 322-Д6-3-3 лавасының бұзылу қадамдарына болжам жасалды. №22585 мен 22576 барлау ұңғымалары бойынша мәліметтер алынды. Бөлшектеу-жинау кенүңгірінің кендіңгінен 56-59 м қашықтықта бірінші бұзылыс орын алғандығын шақтының маркшейдерлік қызметі бақылаған кезде табанның жиырылуы әсерінен 2018 жылы тазартпа кенжарының центріде метанның көп бөлінуінің әсерінен газдинамикалық құбылыс болды. Лавада өте қатты газбөліну байқалынып, тазартпа кенжарында 4000 тоннадан 3000 тоннаға дейін төмендетілді, бұл дегеніміз газдинамикалық құбылыстың негізгі төбенің бұзылу қадамдарымен өзара байланысын көрсетеді.

Түйінді сөздер: сандық модельдеу, лава, кендіңгек, тазартпа кеңістігі, кернеу, қауіпсіздік коэффициенті, кенүңгір, кернеулі-деформациялы күйі, бұзылыс аймағы, түсіру аймағы, тау сілемі.

Geomechanical justification of the stress-strain state of the massive in the cleaning space

Abstract. As a result of the analysis of the dynamics of the formation of the destruction zone, the roof and soil of the chamber. Lava 322-D6-3-Z destruction steps were assumed. The data were obtained for exploration wells No. 22585 and 22576. In 2018, a gas-dynamic phenomenon occurred due to the release of a large amount of methane in the center of the working face due to heaving of the soil, when the first disturbance occurred at a distance of 56-59 m from the rear of the assembly chamber. An extremely strong gas degassing was observed in the longwall, which at the working face decreased from 4000 to 3000 tons, which indicates the interaction of the gas-dynamic phenomenon with the main stages of roof collapse.

Key words: numerical modeling, longwall, pillar, clearing space, stress, safety factor, chamber, stress-strain state, fracture zone, unloading zone, massif.

Геомеханическое обоснование напряженно-деформированного состояния массива в зоне очистного пространства

Аннотация. В результате анализа динамики формирования зоны разрушения кровли и почвы камеры были предположены шаги разрушения лавы 322-Д6-3-3. Данные получены по разведочным скважинам №22585 и 22576. В 2018 году произошло газодинамическое явление из-за выброса большого количества метана в центре очистного забоя из-за пучения почвы, когда первое нарушение произошло на расстоянии 56-59 м от целика монтажной камеры. В лаве наблюдалась чрезвычайно сильная дегазация газа, которая на очистной забой уменьшилась с 4000 до 3000 тонн, что указывает на взаимодействие газодинамического явления с основными стадиями обрушения кровли.

Ключевые слова: численное моделирование, лава, целик, очистное пространство, напряжение, запас прочности, камера, напряженно-деформированное состояние, зона разрушения, зона разгрузки, массив.

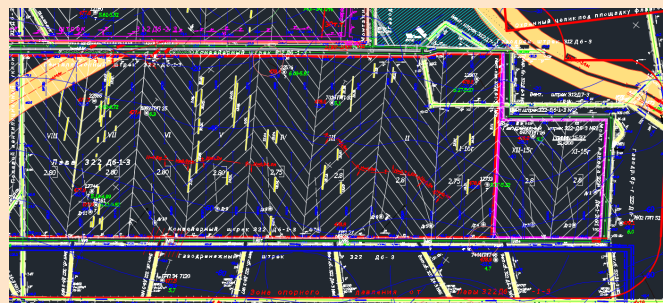
Кіріспе

«Қазақстан» шақтысының 322-Д6-3-3 лавасы Д6 қабатын игеруде (1 сурет), қабаттың құлау бұрышы 7-14°, тазартпа кенжарында жинау-бөлшектеу кенүңгірінің ұзындығы 217 метр, әрі қарай желдету штреті бойынша лаваның ұзындығы 240 метрге дейін өседі. Лаваның төбесін басқару-толықтай бұзу арқылы жүзеге асады. Геологиялық барлау ұңғымасының мәліметін келтіреміз (2 сурет, 3 сурет) [1].

Тау сілемінің кернеулі-деформациялық күйін сандық модельдеу Phase2 бағдарламасы арқылы жүзеге асты (www.rockscience.com) [2].

Материалдар және әдісі

Әртүрлі механикалық қасиеттері бар тау жыныстарында жерасты құрылысы мен тау-кен жұмыстарын жүргізгенде тау сілемінің кернеулі-деформациялы күйін ақырғы элементтер әдісімен модельдеу үшін Phase2 мықты бағдарлама болып табылады. Инженерлік тапсырмаларды шешу, орнықтылықты ақырғы элементтік анализдеумен қатар жобалау үшін бағдарламаны қолдануға болады. Бірнеше қабаттан тұратын тау сілемдерін, тау жынысы үйінділері мен дамбыларды, еңіс қазбалар мен карьерлерді көпсатылы, әрі күрделі модельді анализдеп тез жасауға болады. Мор-Кулон және Хук-Браун критериялары бойынша бағдарламада тау сілемінің тау жыныстарымен қабаттарын модельдейді. 322-Д6-3-3 лавасы Д6 қабатын игеруде кенжардың қазылып жүріп отыруына байланысты 6 қадамнан тұратын көп сатылы моделдеуде маңайдағы тау сілемінің кернеулі-деформациялы күйін есептеді (4-сурет) [3, 4,5].



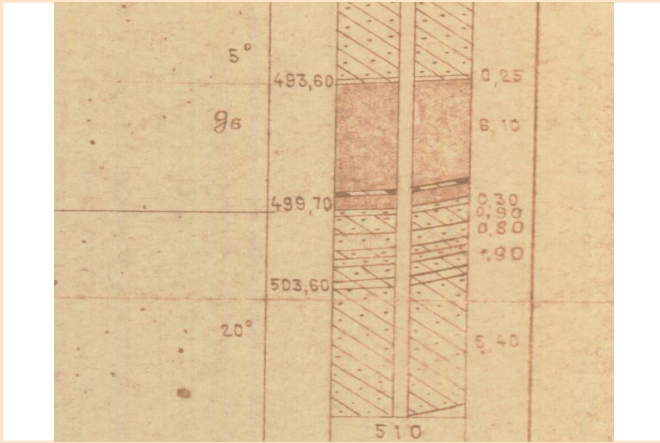
Сурет 1. 322-Д6-3-3 лавасының сызбасы.

Figure 1. Longwall layout 322-D6-3-Z.

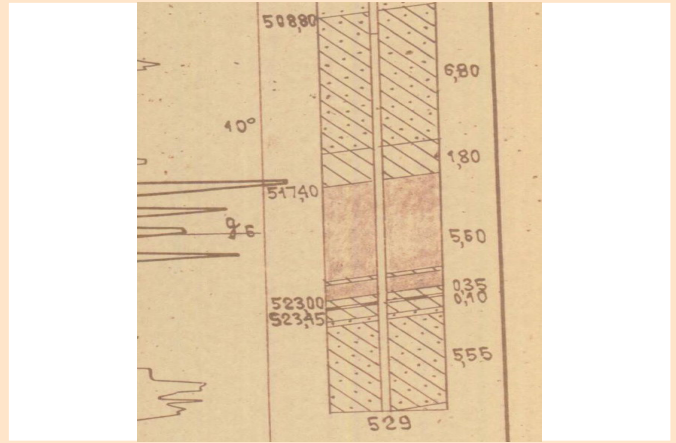
Рис. 1. Схема лавы 322-Д6-3-3.

Графикалық бейнелеуде басты (вертикальды) кернеулердің σ_1 максимальды мәндері 5 суретте берілген. Қазбаның шеткі жағындағы тіректік қысымның (19...-29 МПа) қалыптасуымен қатар тазартпа қазбасының табаны мен төбесіндегі вертикальды кернеулермен (4...-2 МПа) кернеулерді түсіру аймағымен қалыптасуын бақылай аламыз [6]. Бұзылмаған табиғи кернеулі жағдайында $\sigma_1 = \gamma H = 12...13$ МПа. Бұл жағдай күмбездердің қалыптасуы мен төбенің құлауына, табанындағы әлсіз тау жыныстарының жиырылуына алып келеді [7, 8].

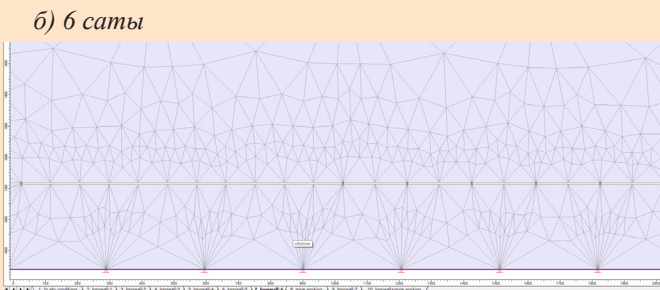
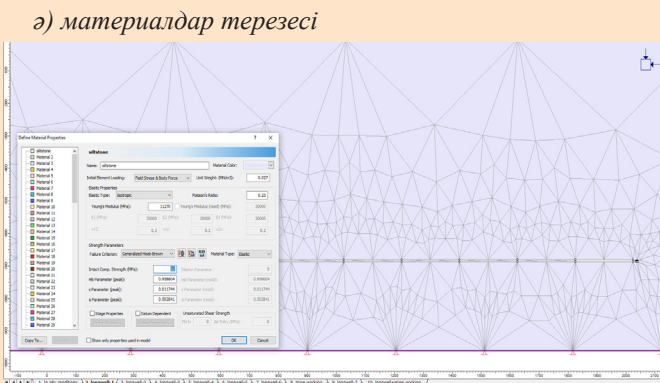
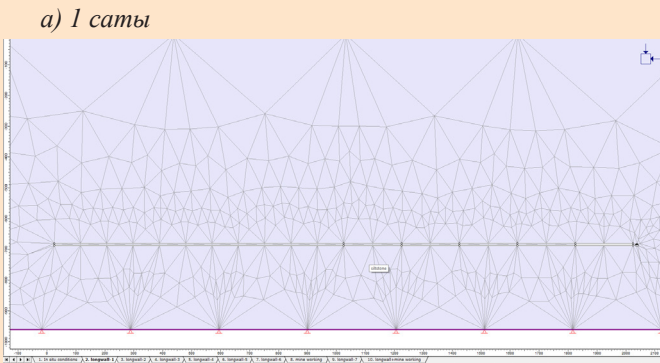
Графикалық бейнелеуде басты (горизонтальды) кернеулердің σ_3 максимальды мәндері 5 суретте берілген. 5 суретте тазартпа қазбасының табаны мен төбесіндегі созушы горизонтальды кернеулермен оларды түсіру аймағының қалыптасуын көреміз (0...-8 МПа) [9, 10]. Бұзылу аймақтарындағы кернеулі жағдайында $\sigma_3 = \lambda \gamma H = 3,4...4,1$ МПа.



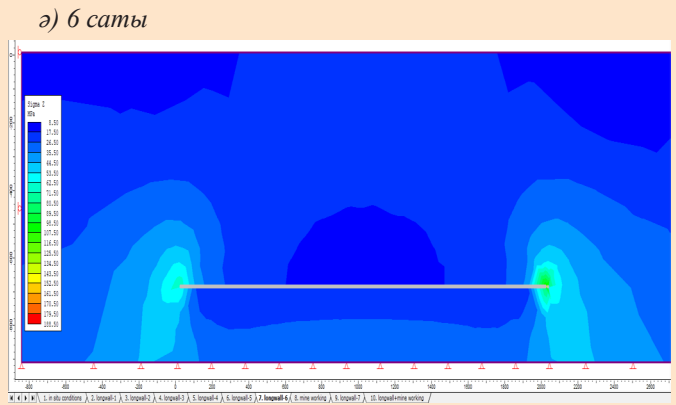
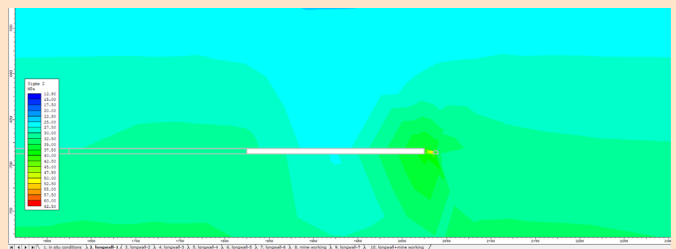
Сурет 2. №22576 барлау ұңғымасының мәліметі.
Figure 2. No. 22576 exploration well data.
Рис. 2. Данные разведочной скважины №22576.



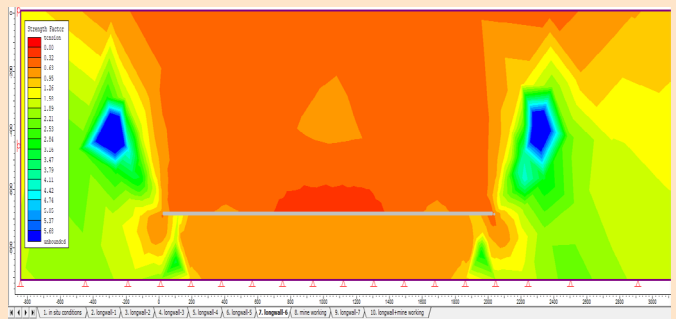
Сурет 3. №22588 барлау ұңғымасының мәліметі.
Figure 3. No. 22588 exploration well data.
Рис. 3. Данные разведочной скважины №22588.



Сурет 4. Тазарту кеңістігін Phase2 бағдарламасымен моделдеу.
Figure 4. Modeling the cleaning space with the Phase2 program.
Рис. 4. Моделирование очистного пространства программой Phase2.



Сурет 5. Максималды басты кернеудің мәндері σ_1 .
Figure 5. Maximum main strain values σ_1 .
Рис. 5. Значения максимального главного напряжения σ_1 .



Сурет 6. Қауіпсіздік коэффициенті мәндерінің таралуы: 6 саты.
Figure 6. Distribution of safety factor values.
Рис. 6. Распределение значений коэффициента безопасности: 6 стадия.

Тау сілемінің нүктелеріндегі қауіпсіздік коэффициентінің таралуын аңғаруға болады (6 сурет). №22576 барлау ұңғымасының мәліметтерін есепке қолдандық. 322-Д6-3-3 лавасының бұзылу қадамдарына болжам жасалды. Бұзылу қадамдарының бол-жамдық мәндері Пак Г.А. әдістемесі бойынша $L_1 = 10$; $L_2 = 20$; $L_3 = 50$ [11, 12].

Қорытынды

Жинау-бөлшектеу кенүңгірінің кентірегінен 55-57 м қашықтықта бірінші құлауы орын алып, шақтының маркшейдерлік қызметі бақылауға алды. Тазартпа

кенжарының ортасына қарай метан-ның бөлінуімен газдинамикалық құбылыс болды. Лавада қатты газ бөліну болған соң тазартпа кенжарына түсіретін жүктемені 4000 тоннадан 3000 тоннаға азайтты. Монтаждық кенүңгірден 167 м алыстаған кезде газдинамикалық құбылыс қайталанды. Бұл жағдайлар негізгі төбенің бұзылуы-мен газдинамикалық құбылыстың өзара байланысы барын көрсетеді. Тазартпа жұмыстарын жүргізгенде геомеханикалық зерттеумен бірге сандық модельдеу әдістерін қолданудың қажет екендігін аңғартады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Хук Е. Жерасты құрылысындағы балама жерүсті бақылау стратегиялары. // «Туннельдер мен жерасты жұмыстарының құрылысын қаржыландыру және мердігерлік жасау тәжірибесі мен тенденциялары» халықаралық симпозиумы, Грекия, Афина, 2012. – Б. 2-26 (ағылшын тілінде)
2. Хук Е., Картер Т.Г., Дидерикс М.С. Геологиялық беріктік индексінің диаграммасын сандық бағалау. // Сан-Францискода 47-ші АҚШ тау-кен механикасы/геомеханика симпозиумы өтті, США, Калифорния, 2013. – Б. 2-9 (ағылшын тілінде)
3. Таханов Д. Іргелес жатқан тік кен денелерін бірлесіп өндіру кезінде тіректерді игеру параметрлерін геомеханикалық негіздеу. / Д. Таханов, Б. Муратулы, З. Рашид, А. Кыдрашов. // Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру. 2021. №15. Б. 50-58 (ағылшын тілінде)
4. Судариков А.Е., Бахтыбаев Н.Б., Кыдрашов А.Б. Тазартылған кеңістік пен қазба арасындағы массивтің кернеулі-деформациялық күйін сандық модельдеуде «Phase2» бағдарламасын қолдану. // Халықаралық ғылыми-практикалық онлайн конференция (№13 Сағынов оқулары), 2021. – Б. 515-517 (қазақ тілінде)
5. Бахтыбаев Н.Б. Кен орнын геомеханикалық модельдеудің заманауи әдістерін талдау. / Н.Б. Бахтыбаев, А.Б. Кыдрашов, Н.Б. Керимбаева. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2019. №7. Б. 36-39 (қазақ тілінде)
6. Пак Г.А., Бедарев А.С., Долгоносков В.Н., Кайгородова Е.В. «Казахстанская» кенішіндегі 312-Д6-1-З ұзын қабырға бетіндегі төбенің құлау қадамдарының болжамы. // «Техногендік төтенше жағдайлардың алдын алу және жоюдың өзекті мәселелері» III-І Халықаралық ғылыми-практикалық конференция, Қарағанды, 2013. – Б. 178-181 (орыс тілінде)
7. Жэньлян Шань Толық секциялы анкерлік кабельді және аралдық көмір беткейлеріндегі кен қазбаларының жолына арналған С-тәрізді құбырлы тіректерді зерттеу. / Жэньлян Шань, Пэнчэн Хуан, Хунху Юань, Чи Мэн, Шупэн Чжан. // Азия сәулет және құрылыс журналы. 2021. Б. 1-12 (ағылшын тілінде)
8. Азиз Н. Бір рет ығысу сынауындағы толық қапталған арқан анкерлерінің ығысу өнімділігін эксперименттік зерттеу. / Н. Азиз, Х. Расех, А. Мирзагорбанали, Г. Янг, С. Халегпараст, Дж. Немчик. // Тау-кен механикасы және тау-кен инженериясы. 2018. Т. 51. Шығ. 7. Б. 2207-2221 (ағылшын тілінде)
9. Чен Дж. Созылу кезіндегі жүктеме жағдайында жұмсақ жыныстарда күшейтілген, толығымен тегістелген арқан анкерлерінің жүк тасымалдау сипаттамалары. / Дж. Чен, П.С. Хэган, С. Сайдам. // Геотехникалық сынақ журналы. 2016. Т. 39. Шығ. 2. Б. 252-263 (ағылшын тілінде)
10. Бланко Мартин. Толығымен бекітілген анкерлік болттардың механикалық қасиеттерін анықтауға арналған жаңа аналитикалық шешім, тартылатын сынақтарға ұшыраған. / Бланко Мартин, М. Тиджани, Ф. Хадж-Хассен. // Құрылыс және құрылыс материалдары. 2011. Т. 25. Шығ. 2. Б. 749-755 (ағылшын тілінде)
11. Фриман Т.Дж. Кильдер эксперименттік туннельіндегі толық бекітілген анкерлік болттардың әрекеті. // Туннельдер. 2013. Т. 10. Шығ. 5. Б. 37-40 (ағылшын тілінде)
12. Судариков А.Е. Кеніштегі әртүрлі бекітпелердің көлемі мен шектеулері. / А.Е. Судариков, А.Б. Кыдрашов, Ж.К. Богжанова. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2021. №2. Б. 24-28 (қазақ тілінде)

REFERENCES

1. Hoek E. Alternative Ground Control Strategies in Underground Construction. // International Symposium «Practices and trends in financing and contracting for the construction of tunnels and underground works», Greece, Athens, 2012. – P. 2-26 (in English)

2. Hook E., Carter T.G., Diedericks M.S. Quantitative assessment of the geological strength index diagram. // 47th US Symposium on Rock Mechanics/Geomechanics, held in USA, San Francisco, California, 2013. – P. 2-9 (in English)
3. Takhanov D. Geomechanical justification of pillar development parameters during joint mining of adjacent steep ore bodies. / Takhanov D., Muratuly B., Rashid Z., Kydrashov A. // Mining of Mineral Deposits. 2021. №15. P. 50-58 (in English)
4. Sudarikov A.E., Bakhtybaev N.B., Kydrashov A.B. Application of the Phase2 program in numerical modeling of the stress-strain state of the massif between the cleared space and the excavation. // International scientific and practical online conference (No. 13 Saginov readings), 2021. – P. 515-517 (in Kazakh)
5. Bakhtybaev N.B. Analysis of modern methods of geomechanical modeling of a deposit. / N.B. Bakhtybaev, A.B. Kydrashov, N.B. Kerimbaeva. // Mining Journal of Kazakhstan. 2019. №7. P. 36-39 (in Kazakh)
6. Pak G.A., Bedarev A.S., Dolgonosov V.N., Kaigorodova E.V. Prognoz shagov obrusheniya krovli v lave 312-D6-1-Z na shakhte «Kazakhstanskaya». // III Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Aktual'nye problemy preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychainykh situatsii tekhnogenogo kharaktera», Karaganda, 2013. – S. 178-181 [Pak G.A., Bedarev A.S., Dolgonosov V.N., Kaygorodova E.V. Forecast of steps of roof collapse in longwall 312-D6-1-Z at the Kazakhstanskaya mine. // III-I International Scientific and Practical Conference «Current Problems of Prevention and Elimination of Technogenic Emergency Situations», Karaganda, 2013. – P. 178-181] (in Russian)
7. Renliang Shan. Study of a full-section anchor cable and a C-shaped tubular support for the roadway of mine workings on island coal faces. / Renliang Shan, Pengcheng Huang, Honghu Yuan, Chi Meng and Shupeng Zhang. // Journal of Asian Architecture and Construction. 2021. P. 1-12 (in English)
8. Aziz N. Experimental study of shear characteristics of fully encapsulated rope anchors in single shear testing. / Aziz N., Rasekh H., Mirzagorbanali A., Young G., Khalegparast S., Niemczyk J. // Mining Mechanics and Mining Engineering. 2018. Vol. 51. Issue 7. P. 2207-2221 (in English)
9. Chen J. Load Transfer Characteristics of Fully Grouted Rope Anchors Reinforced in Weak Rocks under Tensile Loading Conditions. / Chen J., Hagan P.S., Saidam S. // Journal of Geotechnical Testing. 2016. Vol. 39. Issue 2. P. 252-263 (in English)
10. Blanco Martin A new analytical solution for determining the mechanical properties of fully anchored anchor bolts subjected to pullout tests. / Blanco Martin, Tijani M., Hadj-Hassen F. // Construction and Construction Materials. 2011. Vol. 25. Issue 2. P. 749- 755 (in English)
11. Freeman T.J. Behavior of fully bonded anchor bolts in the Kielder experimental tunnel. // Tunnels. 2013. Vol. 10. Issue 5. P. 37-40 (in English)
12. Sudarikov A.E., Kydrashov A.B., Bogzhanova Zh.K. Scope and limitations of various supports in the field. / A.E. Sudarikov, A.B. Kydrashov, Zh.K. Bogzhanova. // Mining Journal of Kazakhstan. 2021. №2. P. 24-28 (in Kazakh)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хук Е. Альтернативные стратегии наземного контроля в подземном строительстве. // Международный симпозиум «Практика и тенденции финансирования и заключения контрактов на строительство туннелей и подземных работ», Греция, Афины, 2012. – С. 2-26 (на английском языке)
2. Хук Е., Картер Т.Г., Дидерикс М.С. Количественная оценка диаграммы индекса геологической прочности. // 47-й симпозиум США по механике горных пород/геомеханике, США, Сан-Франциско, Калифорния, 2013. – С. 2-9 (на английском языке)
3. Таханов Д. Геомеханическое обоснование параметров разработки целиков при совместной отработке сопредельных крутых рудных тел. / Д. Таханов, Б. Муратулы, З. Рашид, А. Кыдрашов. // Добыча полезных ископаемых. 2021. №15. С. 50-58 (на английском языке)
4. Судариков А.Е., Бахтыбаев Н.Б., Кыдрашов А.Б. Применение программы «Phase2» при численном моделировании напряженно-деформированного состояния массива между расчищенным пространством и выемкой. // Международная научно-практическая онлайн-конференция (Сазиновские чтения №13), 2021. – С. 515-517 (на казахском языке)
5. Бахтыбаев Н.Б. Анализ современных методов геомеханического моделирования месторождения. / Н.Б. Бахтыбаев, А.Б. Кыдрашов, Н.Б. Керимбаева. // Горный журнал Казахстана. 2019. №7. С. 36-39 (на казахском языке)
6. Пак Г.А., Бедарев А.С., Долгоносков В.Н., Кайгородова Е.В. Прогноз шагов обрушения кровли в лаве 312-Д6-1-З на шахте «Казахстанская». // III Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера», Караганда, 2013. – С. 178-181 (на русском языке)

7. Жэньлянь Шань. Исследование полносекционного анкерного троса и С-образной трубчатой опоры проезжей части горных выработок на островных угольных забоях. / Жэньлянь Шань, Пэнчэн Хуан, Хунху Юань, Чи Мэн, Шупэн Чжан. // Журнал азиатской архитектуры и строительства. 2021. С. 1-12 (на английском языке)
8. Азиз Н. Экспериментальное исследование характеристик сдвига полностью герметизированных канатных анкеров при испытании на одиночный сдвиг. / Н. Азиз, Х. Расех, А. Мирзагорбанали, Г. Янг, С. Халегпараст, Дж. Немчик. // Горная механика и горная инженерия. 2018. Т. 51. Вып. 7. С. 2207-2221 (на английском языке)
9. Чен Дж. Характеристики передачи нагрузки полностью залитых канатных анкеров, армированных в слабых породах, в условиях растягивающей нагрузки. / Дж. Чен, П.С. Хэган, С. Сайдам. // Журнал геотехнических испытаний. 2016. Т. 39. Вып. 2. С. 252-263 (на английском языке)
10. Бланко Мартин. Новое аналитическое решение для определения механических свойств полностью залитых анкером анкерных болтов, подвергнутых испытаниям на взрыв. / Бланко Мартин, М. Тиджани, Ф. Хадж-Хассен. // Строительство и строительные материалы. 2011. Т. 25. Вып. 2. С. 749-755 (на английском языке)
11. Фриман Т. Дж. Поведение полностью скрепленных анкерных болтов в экспериментальном туннеле Килдера. // Тоннели. 2013. Т. 10. Вып. 5. С. 37-40 (на английском языке)
12. Судариков А.Е. Область применения и ограничения различных крепи на месторождении. / А.Е. Судариков, А.Б. Кыдрашов, Ж.К. Богжанова. // Горный журнал Казахстана. 2021. №2. С. 24-28 (на казахском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Кыдрашов А.Б., PhD докторы, ғылыми зерттеуші, Джордж Вашингтон университеті (Вашингтон қ., АҚШ), a.kydrashov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1404-1589>

Жумағалиева Н.М., техника ғылымдарының магистрі, оқытушы, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті (Орал қ., Қазақстан), zhumagalieva.nurzhamal@inbox.ru; <https://orcid.org/0009-0004-6199-0201>

Рысқалиев М.Ж., PhD докторы, Құрылыс және құрылыс материалдары жоғары мектебінің доценті м.а., жетекшісі, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті (Орал қ., Қазақстан), muratbai_84@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3361-2076>

Жарылғанов С.М., PhD докторы, Құрылыс және құрылыс материалдары жоғары мектебінің доценті м.а., Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті (Орал қ., Қазақстан), sabit.raisa@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3104-6568>

Information about the authors:

Kydrashov A.B., PhD, researcher, George Washington University (Washington, USA)

Zhumagalieva N.M., Master of science, teacher of Higher school of construction and building materials Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian Technical University (Uralsk, Kazakhstan)

Ryskaliyev M.Zh., PhD, Acting docent and head of Higher school of construction and building materials, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian Technical University (Uralsk, Kazakhstan)

Zharylgapov S.M., PhD, Acting docent of Higher school of construction and building materials, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian Technical University (Uralsk, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Кыдрашов А.Б., доктор PhD, старший преподаватель, Университет им. Джорджа Вашингтона (г. Вашингтон, США)

Жумағалиева Н.М., магистр технических наук, преподаватель, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск, Казахстан)

Рысқалиев М.Ж., доктор PhD, и.о. доцента и руководитель высшей школы строительства и строительных материалов, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск, Казахстан)

Жарылғанов С.М., доктор PhD, и.о. доцента высшей школы строительства и строительных материалов, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск, Казахстан)