

Код МРНТИ 52.13.15

Э.Р. Халикова¹, *А.Е. Жумабекова¹, Д.С. Сыздықбаева¹, М.Г. Мустафин²¹ Коммерциялық емес акционерлік қоғамы «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» (Қарағанды қ., Қазақстан),² Санкт-Петербург тау-кен университеті (Санкт-Петербург қ., Ресей)

ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ ӘЛСІРЕГЕН АЙМАҒЫН НЫҒАЙТУ ЖӨНІНДЕГІ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ СХЕМАЛАРДЫ ӘЗІРЛЕУ

Аннотация. Мақалада дайындық өндірісінің геологиялық бұзылуынан өту кезінде тау жыныстарының әлсіреген аймағын нығайтудың технологиялық схемасы қарастырылған. Мұндай схемаларға қажеттілік тау-кен қазбалары жүргізілетін күрделі тау-кен-геологиялық жағдайларға байланысты үнемі туындайды, онда үстіңгі қазба аймақтары, тірек (тазалау жұмыстары фронтының алдында) және жоғары тау-кен қысымдары (жоғарыда тұрған бұрын істен шыққан қаттарда қалған кентіректерден) болған кезде, жанасқан қазбалардың әсері, тазарту кенжарлы желісімен қайта пайдалану үшін сақталуы қажет. Сандық есептеулердің көмегімен әртүрлі жағдайларда анкерлік бекітпенің көлбеу бұрышын анықтау бойынша геомеханикалық зерттеулер жүргізілді.

Түйінді сөздер: жерасты тау-кен жұмыстары, дайындық кенжары, тау жыныстарының массиві, сандық модельдеу, кернеулі-деформацияланған күй, тау-кен қазбаларын бекіту.

Development of technological schemes for strengthening the weakened zone of rocks

Abstract. In this article, a technological scheme for strengthening a weakened zone of rocks at the intersection of a geological disturbance by preparatory mining is considered. The need for such schemes constantly arises due to the difficult mining and geological conditions in which mining operations are carried out in the presence of over- and under-working zones, support (ahead of the front of cleaning operations) and increased mining (from the pillars left on the overlying previously spent formations) pressures, the influence of converging workings, preservation for reuse for the cleaning face line. With the help of numerical calculations, the parameters of the advanced fastening were determined, geomechanical studies were carried out to determine the angle of inclination of the anchor support under various conditions.

Key words: underground mining, preparatory face, rock mass, numerical modeling, stress-strain state, fastening of mine workings.

Разработка технологических схем по упрочнению ослабленной зоны горных пород

Аннотация. В данной статье рассмотрена технологическая схема по упрочнению ослабленной зоны горных пород при пересечении геологического нарушения подготовительной выработкой. Необходимость в таких схемах постоянно возникает из-за сложных горно-геологических условий, в которых проводятся горные выработки при наличии зон над- и подработки, опорного (впереди фронта очистных работ) и повышенного горного (от целиков, оставленных на вышележащих ранее отработанных пластах) давлений, влияние сближенных выработок, сохранение для повторного использования за линией очистного забоя. С помощью численных расчетов определены параметры заложения опережающего крепления, проведены геомеханические исследования по определению угла наклона анкерной крепи при различных условиях.

Ключевые слова: подземные горные работы, подготовительный забой, массив горных пород, численное моделирование, напряженно-деформированное состояние, крепление горных выработок.

Кіріспе

Тау-кен кәсіпорнының негізгі функцияларының бірі-пайдалану мерзімі ішінде оның қуатын мезгілімен көбейту қажеттілігі, және мұндай жаңарту қымбатқа түседі, өйткені ол тереңдіктің артуына және игерудің басқа жағдайларына байланысты тау-кен геологиялық және тау-кен техникалық факторларының үздіксіз нашарлауында жүзеге асырылады. Мониторинг жаңа тау-кен кәсіпорындарын салу және жұмыс істеп тұрғандарын қайта жаңарту көптеген жағдайларда күрделі тау-кен-геологиялық игеру жағдайларында жүргізілетінін көрсетеді [1].

Тау-кен геологиялық жағдайлары пайдалы қазбалар кен орындарын игеру тереңдігінің өсуіне байланысты үнемі нашарлап келеді.

Пайдалы қазбалардың кен орындарын жерасты игеру кезіндегі тау-кен қазбаларының орнықтылығын арттыру маңызды міндеттердің бірі болып табылады.

Жер қойнауын кешенді игеру проблемасы тұрғысынан күрделі тау-кен қазбаларын игерудің техногендік жаңғыртылатын георесурсы деп есептеу керек. Бұл жағдайда, әсіресе, тау-кен қазбаларын жаңа функционалдық сапада одан әрі пайдалану кезінде олардың ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз ету рөлі артады. Тау-кен қазбасын салу кезеңінде бекітпенің қуатты төзімді конструкцияларын тұрғызу көп жылдардан кейін өзін ақтай бастайтын елеулі күрделі шығындарды тартуды талап етеді. Көптеген жағдайларда мұндай шешім экономикалық тұрғыдан орынсыз болып табылады [2].

Зерттеу әдістері

Геомеханикалық процестерді талдау үшін ANSYS бағдарламалық кешенін қолдана отырып математикалық модельдеу қолданылады.

Әлсіреген немесе бұзылған тау-кен алқабында оны жүргізу кезінде тау-кен қазбасының кернеулі-деформацияланған жай-күйін (ҚҚС) айқындау міндетін шешу кернеулерді (қалыпты, бойлық және жанама) айқындауды және ішкі күштерді айқындауды және орнын ауыстыруды және деформацияларды қамтиды [3].

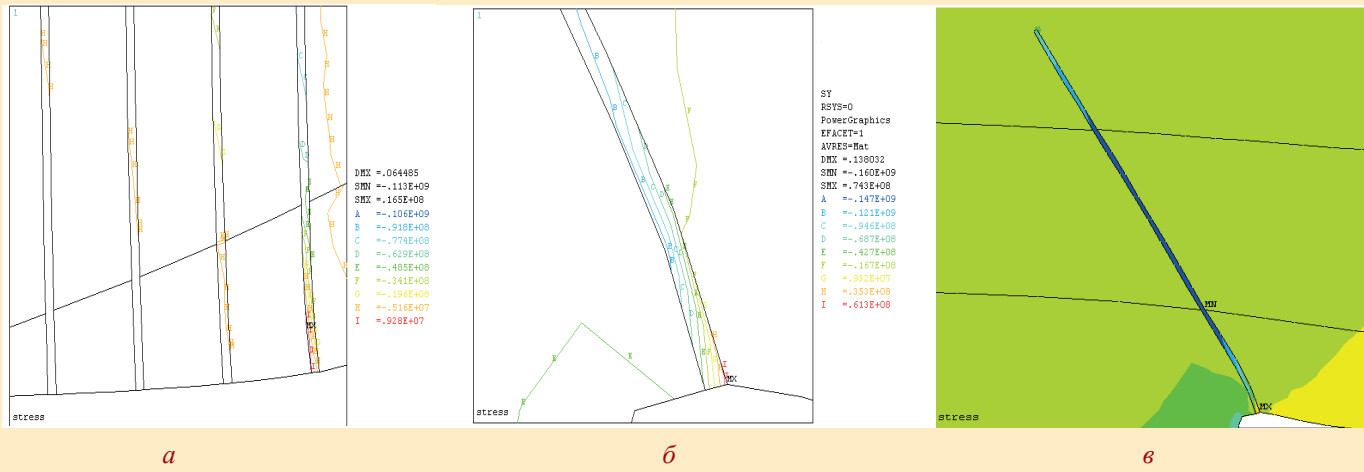
Бастапқы деректер қиылысатын жыныстардың физика-механикалық қасиеттері және жүргізілетін қазбалардың технологиялық параметрлері болып табылады:

- ұңғылау, күзету және ұстау шарттары;
- қазбалардың және ұңғымадағы түйісулердің есептік ені (B, m), биіктігі (h, m);
- жер бетінен орналасудың есептік тереңдігі (H, m);
- төбе жыныстарының құрылыс түрі;
- тікелей төбе жыныстарының орнықтылық класы;
- төбе жыныстарының қысуға төзімділігі (R_c, MPa);
- анкердің есептік (нақты) жүк көтергіштігі.

1-суретте төбеде орналасқан анкердегі σ_y тік кернеулердің таралуы көрсетілген.

Озық бекітпені салу параметрлерін анықтау үшін әртүрлі жағдайларда анкерлік бекітпенің көлбеу бұрышын анықтау бойынша геомеханикалық зерттеулер жүргізілді.

Еңіс бұрышын, анкерлік бекітпені орнату қадамын және төбе жыныстарының беріктігі бойынша әлсіреген (геологиялық бұзылуда) жағдайларды ауытқу кезінде төбе жы-



a, б – 85°, 70°; в – 55°

Сурет 1. Орналасу бұрыштарындағы анкер ұзындығы бойынша қалыпты кернеулердің диаграммасы.

Figure 1. Diagram of normal stresses along the length of anchors at laying angles.

Рис. 1. Эпюра нормальных напряжений по длине анкеров при углах заложения.

ныстарының беріктігінің әртүрлі жағдайлары үшін – орташа беріктігі $R_c = 25$ (2, 3-суреттер) және $R_c = 37$ МПа – 4 және 5-суреттер үшін мынадай тәуелділіктер алынған. Озық анкерлердің көлбеу бұрышы 35-тен 85° дейін өзгерді, h – анкерлерді орнату қадамы (м) [4].

Зәкірлерді тұрақсыз тікелей төбеге орнату қадамы 0,8-ден 1,2 м-ге дейін өзгерді.

Бір осьтік қысымға беріктігі $R_c = 25$ МПа әлсіреген жыныстар үшін тәуелділіктер:

$$\begin{aligned} k_1(h) &= -0,4 \cdot h + 0,16, \\ k_2(h) &= 20,47 \cdot h - 5,69, \\ k_3(h) &= -333,32 \cdot h + 89,94. \end{aligned}$$

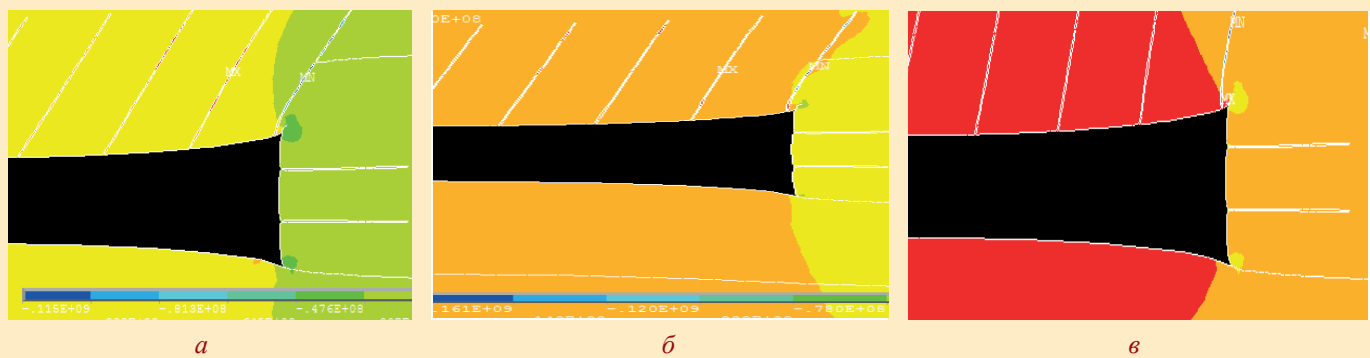
Бір осьтік қысымға беріктігі бар төбенің бұзылған жыныстары үшін тәуелділік (МПа) [5]:

$$\sigma_y(\alpha, h) = k_0(h) \cdot \alpha^3 + k_1(h) \cdot \alpha^2 + k_2(h) \cdot \alpha + k_3(h), \tag{2}$$

$$\sigma_y(\alpha, h) = k_0(h) \cdot \alpha^3 + k_1(h) \cdot \alpha^2 + k_2(h) \cdot \alpha + k_3(h), \tag{1}$$

$$k^0(h) = 2,53 \cdot 10^{-3} \cdot h - 1,72 \cdot 10^{-3},$$

$$\begin{aligned} k_0(h) &= 3,86 \cdot 10^{-3} \cdot h - 3,43 \cdot 10^{-3} \\ k_1(h) &= -0,62 \cdot h + 0,51, \\ k_2(h) &= 30,45 \cdot h - 24,82, \\ k_3(h) &= -496,79 \cdot h + 340,25. \end{aligned}$$

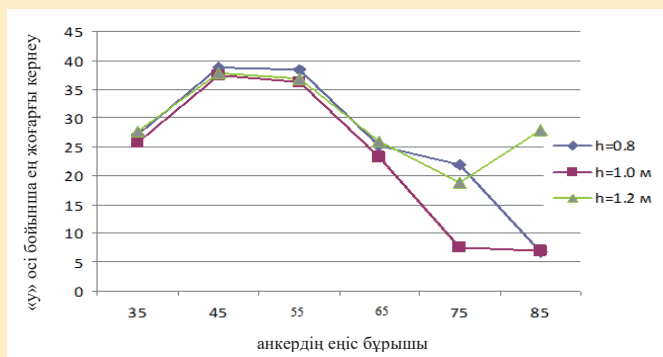


a – α = 55°, б – α = 65°, в – α = 75°

Сурет 2. $R_c = 25$ МПа қысу беріктігімен төбенің бұзылған жыныстары кезінде қазбаның айналасындағы жыныстардың кернеулі жай-күйінің өзгеруі.

Figure 2. Change in the stressed state of rocks around the excavation with disturbed roof rocks with compressive strength $R_c = 25$ MPa.

Рис. 2. Изменение напряженного состояния пород вокруг выработки при нарушенных породах кровли с прочностью на сжатие $R_c = 25$ Мпа.

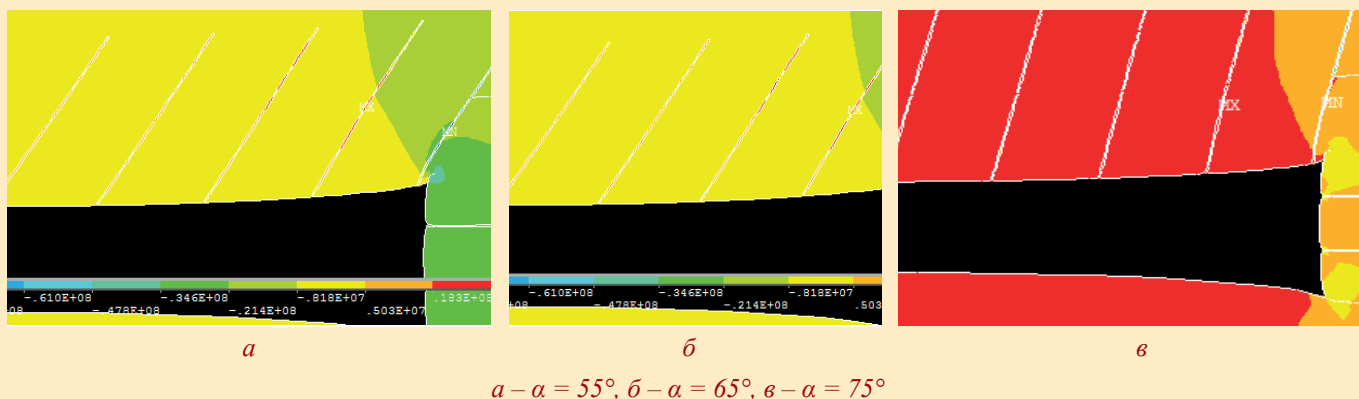


Сурет 3. Қазба айналасындағы жыныстардың кернеулі жай-күйі

анкерлерді орнату қадамына байланысты $R_c = 25$ МПа қысуға беріктігі бар төбенің әлсіз жыныстары кезінде.

Figure 3. Stress state of rocks around the working in case of weak roof rocks with compressive strength $R_c = 25$ MPa depending on the pitch of anchors installation.

Рис. 3. Напряженное состояние пород вокруг выработки при слабых породах кровли с прочностью на сжатие $R_c = 25$ МПа в зависимости от шага установки анкеров.



Сурет 4. Қысылуға беріктігі $R_c = 37$ МПа болатын төбенің әлсіреген жыныстары кезінде қазба айналасындағы жыныстардың кернеулі жай-күйінің өзгеруі.

Figure 4. Change in the stressed state of rocks around the working with weakened roof rocks with compressive strength $R_c = 37$ MPa.

Рис. 4. Изменение напряженного состояния пород вокруг выработки при ослабленных породах кровли с прочностью на сжатие $R_c = 37$ МПа.

Анкер еңісінің бұрышына байланысты «х» осі бойынша ең жоғары тік кернеулердің эмпирикалық тәуелділіктері белгіленген (6-сурет):

$$\sigma_y^{max}(\alpha) = 2,7 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^4 - 5,9 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha^3 + 0,4 \cdot \alpha^2 - 13 \cdot \alpha + 153. \quad (3)$$

Анкер көлбеу бұрышына байланысты ең жоғары жанама кернеулерге тәуелділік алынды (7-сурет) [6]:

$$\tau_{max}(\alpha) = 9,4 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha^2 - 1,6 \cdot \alpha + 94,4. \quad (4)$$

Жүргізілген зерттеулерден белгілі болғандай, бұзылған аймақта әртүрлі жағдайларда жетекші анкер тірегінің ең

қолайлы көлбеу бұрышы жұмыс осінен 60-тан 70°-қа дейін өзгереді.

Нәтижелер

Тұрақсыз контурлармен жұмыстарды бекітудің технологиялық схемалары қолданылады. Мұндай схемаларға қажеттілік тау-кен жұмыстарының күрделі тау-кен-геологиялық жағдайларға байланысты үнемі туындайды, онда тіреуіш (жұмыс майданының алдында) және тау-кен өндірудің жоғарылауы (төбеде қалдырылған тіректерден) төбе және бұзатын аймақтар бар. бұрын қазылған қабаттар) қысымдар, іргелес жұмыстардың әсері, жұмыс бетінің шегінен тыс қайта пайдалану үшін сақтау. Тұрақсыз жабын жағдайында жетекші көлбеу анкерлер орнатылады (8-сурет) [7].

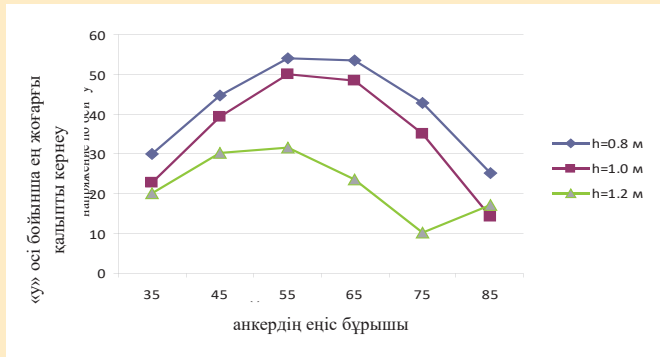
Бір деңгейлі бекітудің ұзындығынан (2,4 м астам) асатын қабатталған жыныстар мен әлсіреген жыныстар күмбезінің айналасында пайда болған кезде арқанды (құрамды) немесе тросты анкерлерден 2-деңгей белгіленеді.

Нәтижелерді талқылау

Тау-кен қазбаларын бекіту проблемасы көмір өндіру кәсіпорындарын салудың жалпы кешендегі ең маңызды

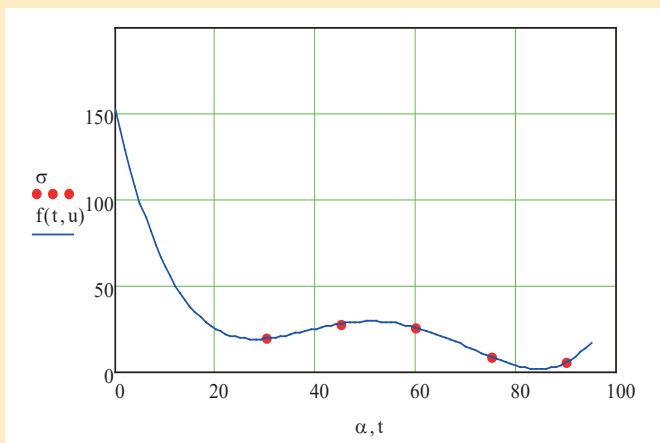
мәселелерінің бірі болып табылады. Анкерлік иілгіш бекітпе тау-кен геологиялық жағдайлар мен қазбалар қималарының кең ауқымында қолданылады. Анкерлік бекітпелердің жұмыс қабілеттілігі, деформациялық-күштік сипаттамалары және оларды тиімді қолдану саласы көбінесе қабылданған бекіту технологиясына байланысты [8].

Дайындау қазбасын бекіту тәсілі белгілі, ол қазбаның қимасы бойынша теспелерді бұрғылауды, оларға бойлық металл итергіштердің тесіктері арқылы болат химиялық анкерлерді орнатуды қамтиды, олардың шеттерінде бұрыштық болаттан жасалған бойлық итергіштер дәнекерленген, оларда бұрыш сөресінің ұштарына тартылатын тесіктердің екі жағынан оларды жалғастыратын көлденең жолақтар дәнекерленеді (инновациялық патент № 20334, KZ, МПК: E21D 11/00, 2008, төл. № 11) [9].



Сурет 5. Анкерлерді орнату қадамына байланысты $R_c = 37$ МПа қысуға беріктігі бар төбенің әлсіз жыныстары кезінде қазбаның айналасындағы жыныстардың кернеулі жай-күйі.
Figure 5. Stressed state of rocks around the working at weak roof rocks with compressive strength $R_c = 37$ MPa depending on the pitch of anchor bolts installation.

Рис. 5. Напряженное состояние пород вокруг выработки при слабых породах кровли с прочностью на сжатие $R_c = 37$ МПа в зависимости от шага установки анкеров.

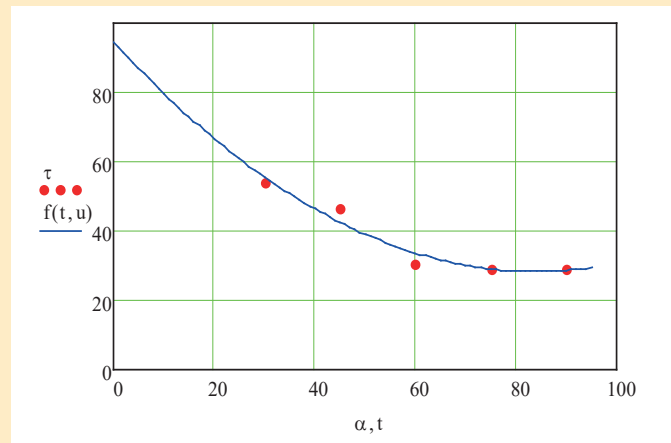


Сурет 6. Анкердің көлбеу бұрышына байланысты «х» осі бойынша ең жоғары тік кернеулердің тәуелділігі ($\sigma(\alpha) = f(t,u)$).

Figure 6. Dependence of maximum vertical stresses along axis «x» depending on anchor inclination angle ($\sigma(\alpha) = f(t,u)$).

Рис. 6. Зависимость максимальных вертикальных напряжений по оси «х» в зависимости от угла наклона анкера ($\sigma(\alpha) = f(t,u)$).

Бұл тәсілдің кемшілігі конструкцияның күрделілігі мен осалдығы, дәнекерленген қосылыстардың көп саны болып табылады, бұл өз кезегінде бекіту құнын арттырады және осы тәсілде қазба төбенің жыныстарын озыңқы бекіту қарастырылмайды. Кемшіліктерге сондай-ақ кенжар алдында анкерлерді тартпай төбенің жарылған жыныстарын бекіту тиімділігінің төмендеуін жатқызуға болады.



Сурет 7. Анкер көлбеу бұрышына байланысты ең жоғары жанама кернеулердің тәуелділігі ($\tau(\alpha) = f(t,u)$).
Figure 7. Dependence of maximum tangential stresses depending on anchor inclination angle ($\tau(\alpha) = f(t,u)$).

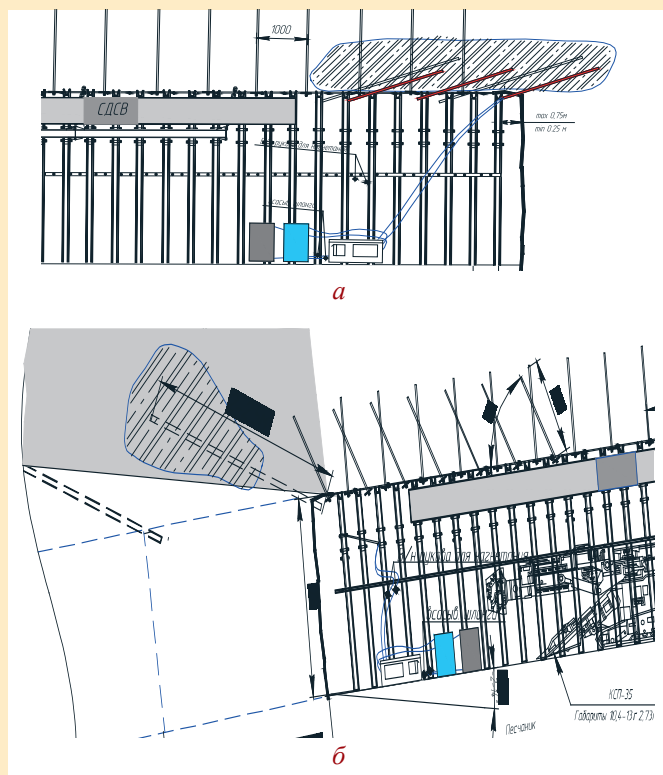
Рис. 7. Зависимость максимальных касательных напряжений в зависимости от угла наклона анкера ($\tau(\alpha) = f(t,u)$).

Белгілі тәсілмен жазылған кемшіліктер тау-кен қазбаларын бекіту тиімділігінің төмендігіне себепші болады.

Техникалық мәні және қол жеткізілетін нәтижесі бойынша технологиялық шешімге неғұрлым жақын тау-кен қазбасына жақын жанасатын жыныстарды анкерлік бекіту тәсілі болып табылады, ол теспелерді төбеге жанасатын жыныстардың қабаттану жазықтықтарына перпендикуляр бұрғылауды және қазбаның бүйірін, оларға анкерлік өзектерді, тірек элементтерін және тартпаларды орнатуды қамтиды (инновациялық патент № 29039, KZ, МПК: E21D 11/00, 2014, төл. № 10) [10].

Белгілі тәсілдің кемшілігі теспелерді бұрғылаудың жоғары дәлдігі қабаттасатын жыныстардың қабаттасу жазықтықтарына перпендикуляр болуы қажет. Сондай-ақ белгілі тәсілдерде кенжар бөлігіндегі кернеу импульсінің дамуына (таралуына) кедергі жасайтын кенжардың жылжу бағыты бойынша бұрышта орналасқан қазба төбесіндегі озыңқы анкерлік бекітпе және қазба төбесінің тау жыныстарының контур жанындағы массивінің бұзылуы салдарынан мүлдем қарастырылмайды. Тәсіл тау-кен қазбаларын бекіту кезінде жеткілікті түрде тиімді емес, өйткені төбе жыныстарын тік бұрышты нысандағы көлденең қимадағы қазбаларға арналған анкерлермен тау-кен жыныстарын алдын ала бекіту мәселесін шешпейді.

Шешілетін міндет тау-кен қазбаларын бекіту тиімділігін арттыру болып табылады, бұл қазбаның контуры бойынша да, жыныстардың құлауы мүмкін аймақтың шекарасы шегінде де нығайтылған тау жыныстары аймағының қалыптасуына байланысты қазбаларды сенімді және сапалы бекіту мүмкіндігін қамтамасыз ету арқылы жүзеге асырылады және жер асты тау-кен қазбаларының, негізінен көлденең қиманың тікбұрышты пішінді қазбаларының төбе жыныстарын алдын ала бекіту тәсілінде, қазбаны жүргізу процесінде оны төбеге бұрғылауды және оларға анкерлерді, сондай-ақ қазбаның бүйірлеріне анкерлерді орнатуды қамтиды.



а – жоспар; б – профиль

Сурет 8. Тұрақсыз төбе кезінде бекіту технологиясы озыңқы көлбеу анкерлер орнатылады.

Figure 8. Fastening technology in case of unstable roof, leading inclined anchors are installed.

Рис. 8. Технология крепления при неустойчивой кровле – устанавливаются опережающие наклонные анкера.

Кенжарды контурға бұрышпен жылжыту бағыты бойынша қазбаның төбесіне жүргізілетін кенжар маңындағы кеңістікте контурлық озыңқы бекіту рөлін орындайтын, массив жыныстарының қирауының дамуына кедергі жасайтын көлбеу анкерлер орнатылады, олар тау жыныстарында күмбез түзілуінің болжамды таралу тереңдігін ескере отырып, формула бойынша анықталады [11]:

$$C = \left(\frac{K_{сж} \gamma_{НВ}}{100 \sigma_{п}} \cos \frac{\alpha}{2} - 1 \right) h t g \frac{90^\circ - \varphi}{2}, \quad (5)$$

мұндағы C – қабат немесе жыныс қазбаларында көмір немесе жыныс құрау тереңдігі, м;

$K_{сж}$ – қазбаны жүргізуге байланысты табиғи тепе-теңдік жиынтығының табандарындағы қысылатын кернеулердің шоғырлану коэффициенті 1,2 (жеке қазбалар) – 1,4 (түйісулер) қабылданады;

γ – жер бетіне дейін қазба үстінде жатқан тау жыныстарының орташа тығыздығы, 2,7 т/м³;

H – жер бетінен қазбаның орналасу тереңдігі, м;

B – тазалау жұмыстарының әсер ету аймағынан тыс салынатын қабат және жыныс қазбалары үшін тазалау

жұмыстарының әсер ету коэффициенті 1,5 (жеңіл басқарылатын төбе жыныстары) – 1,7 (қиын басқарылатын төбе жыныстары);

φ – тау жыныстарының құлау бұрышы, град;

$\sigma_{п}$ – қазбамен кесілген h қуатындағы жыныстардың қысылатын қалыңдығының орташа беріктігі, МПа;

h – қазбамен кесілген жыныстар қабаттарының қысылатын қалыңдығының, м.

Тау-кен қазбасының орнықтылығы бұзылған күмбез түзілу ұзындығы орнықсыз жыныстар аймағының ұзындығы бойынша анықталады [11]:

$$LH = 25,8e - 0,035a, \quad (6)$$

мұндағы a – қазбаның бұзылу жазықтығымен қиылысу бұрышы, градус.

Қазбаның төбесіне жүргізілетін кенжар маңындағы кеңістікте кенжарды контурға бұрышпен жылжыту бағыты бойынша контурлық озыңқы бекіту рөлін орындайтын, массив жыныстарының бұзылуын дамытуға кедергі жасайтын, төбе мен бүйірдегі контурлық анкерлердің есептік ұзындығы бар көлбеу анкерлер орнатылады. Бұрғылау кенжарлық бекітпесінің аралас партияларын 0,3 $L_{ак}$ тығыздағышы бар лак өндіру (қажет болған жағдайда) (БҚК) арнайы пішіндерді (СВП) бір ұшы БҚК ыдысына орнатумен, ал екіншісі қазбаның негізгі бекітпесіне сүйеніп және қазбаны жүргізу жазықтығының осінен төбе жыныстары құлаған жағдайда олардың көлбеу бұрышы 10–15° болып табылады [10].

$$L_{ак} = L_y + L_y / f_{п} \cos \varphi, \quad (7)$$

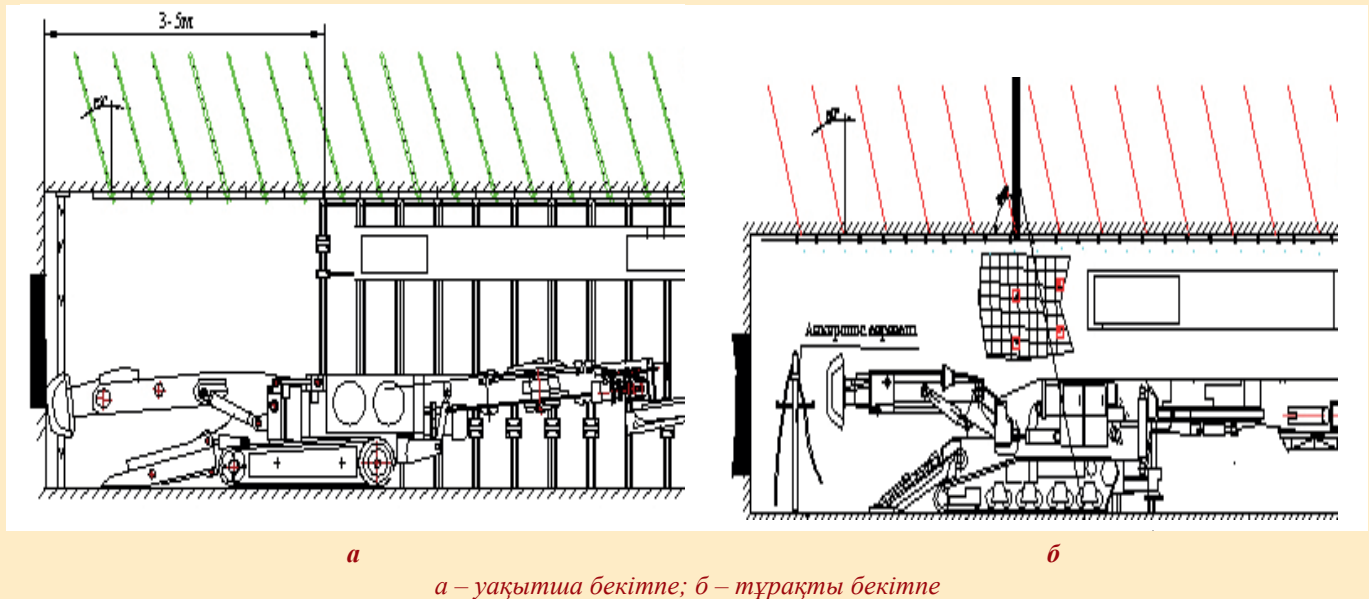
мұндағы L_y – кенжардың кеудесінің төбеден кетуі мүмкін тереңдігі (оны бекітпей), м;

$f_{п}$ – кәсіптік шкала бойынша беріктік коэффициенті Протодьяконов;

φ – тау жыныстарының ішкі үйкеліс бұрышы.

Мәлімделген техникалық нәтижемен қойылған міндетке қол жеткізу үшін: кенжарды жылжыту бағыты бойынша бұрышпен көлбеу теспелерді қазбаның төбесіне бұрғылау және оны жүргізу процесінде кернеу импульсінің дамуын және үйінділердің пайда болуын болдырмау үшін оларға 1 анкерлерді орнату қажет. Ұңғылау жұмыстарын жүргізгеннен кейін шпурлар бұрғыланады және оларда 2-ші төбеге перпендикуляр анкерлер орнатылады және бір мезгілде 3-ші қазбаның төбесіне көлбеу шпурлар, сондай-ақ 4-ші қазбаның бүйіріне анкерлер бұрғыланады. Қазба төбесінің көлбеу анкерлерін геологиялық бұзылулар аймақтарында кіретін жыныстары опырылуға бейім тұрақсыз жыныстардан құралған озыңқы бекітпе ретінде қолдану керек.

Күмбез түзу бойынша алынған деректер негізінде тау қысымы көріністерінің сипатын, анкерлік бекітпенің есептік схемасын және жыныстардың құлауы мүмкін аймақтың тереңдігін, төбеде анкерлерді орнату тығыздығын, анкерлерді орнату арақашықтығы мен қадамын ескере отырып, озыңқы және төбедегі анкерлердің ұзындығы анықталады. Сондай-ақ бүйірлік анкерлерді орнату параметрлері анықталады.



Сурет 9. Озық (жетілдірілген) анкерлік бекітуді қолдану технологиясы.

Figure 9. Advanced anchorage technology.

Рис. 9. Технология применения опережающего (передового) анкерного крепления.

Қол жеткізілуі қойылған міндеттерді шешуді қамтамасыз ететін техникалық нәтиже қазбаның төбесін бекіту технологиясымен, төбе жыныстары бар қазбаның кенжар бөлігіндегі қалдық түзілуге бейім кернеуді төмендетумен көрінеді.

Технологиялық шешімнің міндеті тау-кен қазбаларының тұрақсыз учаскелерінде тікелей төбенің орнықтылығын арттыру, тікелей төбенің тұрақсыз жыныстарын тігу және кейіннен жасалған жасанды контурды бекіту арқылы терең көкжиектерде жұмыс жүргізу қауіпсіздігін арттыру болып табылады [11].

Бүйірлері мен төбелерінде химиялық нығайту үшін диаметрі 42 мм көлбеу шпурлар бұрғыланады, оларға 100–150 бар қысым өсуіне дейін шайыр беретін бекіту арматурасының араластырғышы қосылған перфорирленген түтік енгізіледі.

Бұл ретте уақытша және тұрақты бекітпе ретінде озыңқы (алдыңғы) анкерлік бекітпені қолдану технологиясы болуы мүмкін (9-сурет) [11].

Дұрыс негізделген және таңдалған анкерлеу параметрлері кезінде пайда болатын жыныс-анкер конструкциясы қоршаған массивке қарағанда мейлінше жоғары беріктік сипаттамаларына ие, бұл оның тұтастығын сақтауды қамтамасыз етеді.

Жыныс-анкерлік құрылымды қазба маңында қалыптастырғаннан кейін жыныстардың оның шегінен тыс жіктелуі басталады. Жыныс-анкерлік бекітпе қирау аймағындағы жыныстардың қопсытылуынан түсетін жүктемені қабылдап қана қоймай, қирау шебінің қазба жағына қарай дамуын тежейді, сондай-ақ серпімді емес деформациялар аймағы шегінде, қазба қуысы бағытында жыныстар деформациясының таралуына кедергі жасайды. Осылайша, массивте қазбаның қоршау-ұстап тұру бекітпесінің жыныс-анкерлік конструкциясы құрылады.

Қалыптасқан анкер сәулесінің ауытқуы келесі формула бойынша есептеледі [10]:

$$w = \frac{12}{384}, \quad w = \frac{12}{384} \cdot \frac{(\gamma \cdot H + (\ell_B + \ell_3) \gamma_{KB}) \cdot B^4}{E \cdot b \cdot (\ell_B + \ell_3)^3 \cdot K_{упр}} \quad (8)$$

мұнда γ – тұқымдардың көлемдік салмағы тең деп қабылданады 2,5 кН/м³;

E – тау жыныстарының стратификация аймағы шегіндегі төбе жыныстарының Юнг модулі (орташа өлшенген), МПа; есептеу кезінде мыналарды қабылдау қажет: 3000 МПа – көмір үшін; 10500 МПа – аргиллит үшін; 20500 МПа – алевролит үшін; 30500 МПа – құмтас үшін;

b – қалыптасқан анкерлік арқалықтың ені, м.

$K_{упр}$ – төбе жыныстарына байланысты анкерлік бекіту есебінен қалыптасқан арқалықты нығайту коэффициенті:

$K_{упр}$, егер қысымға төбе жыныстарының кедергісі $R_{ск} > 80$ МПа;

$K_{упр} = 1,35$, егер $35 \leq R_{ск} \leq 80$ МПа;

$K_{упр} = 1,5$, егер $R_{ск} < 35$ МПа.

Қорытынды

Осы зерттеулердің міндеті әлсіреген тау жыныстарымен өзара әрекеттесу кезінде анкерлік бекітпесі бар шахталардың дайындық қазбаларын қамтитын жыныс массивінің деформациясының ерекшеліктерін белгілеу болып табылады.

Жұмыстың негізгі ғылыми нәтижелері мыналарды қамтиды: негізгі анкерлік бекітпе орнатылғаннан кейін 1,0–1,5 мм-ге дейінгі төбе жыныстарының ығысуын қамтамасыз ету үшін 150 м маңайымен жүргізілетін қазба кенжарының осіне қарай 60-70° көлбеумен тұрақсыз тікелей төбеге орнатылған қоршау анкерлік бекітпе, 1,7–2,0 м

қалыңдықтағы бекітілген жыныстардың көтергіш қоршау қабатын жасайды, бұзылған контур маңындағы жыныстар аймағында пайда болатын төбенің деформацияланған жыныстары.

АЛҒЫС

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (Грант № АР22785093).

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Прокопов А.Ю. Рок тоннелін реконструкциялау жағдайында жыныс массивінің беріктік қасиеттерін анықтаудың бұзылмайтын экспресс-әдісінің дәлдігін сынау және бағалау. / А.Ю. Прокопов, Ю.А. Гергарт. // Кен журналы. 2015. № 4. Б. 101–107 (орыс тілінде)
2. Терентьев П.Ю. Технологиялық әсерлер болған кезде көлденең қазбаларда тау қысымын есептеу үшін сандық әдістерді қолдану. / П.Ю. Терентьев, Н.П. Немчин. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. 2015. № 11. Б. 162–172 (орыс тілінде)
3. Демин В.Ф. Әр түрлі бекітпелер кезіндегі қазбалардағы жыныстық жалаңаштанулардың тұрақтылығы. / В.Ф. Демин, А.Е. Судариков, Т.В. Демина, Ю.Ю. Стефлюк және т. б. // КарМТУ университетінің еңбегі. 2015. № 1. Б. 68–70 (орыс тілінде)
4. Демин В.Ф. Төбе бекітпесінің көмегімен тау-кен қазбаларының тірек параметрлеріне көмір қабаттарының тектоникалық бұзылуының әсерін зерттеу. / В.Ф. Демин, Е.Р. Халикова, Т.В. Демина, В.В. Журов. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми хабаршысы. 2019. № 5. Б. 16–21 (ағылшын тілінде)
5. Жолмағамбетов Н. Қарағанды көмір бассейнінің тау-кен қазбаларын қоршаған тау-кен массивінің қауіпсіз геомеханикалық жай-күйін қамтамасыз ету. / Н. Жолмағамбетов, Е. Халикова, В. Демин, А. Балабас, Р. Абдрашев, С. Сүйінтаева. // Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру. 2023. № 17 (1). Б. 74–83 (ағылшын тілінде)
6. Демин В.Ф. Жұмыстар айналасындағы ірі көмір жартасының тұрақтылығын арттыру үшін геомеханикалық процестерді басқару технологиясы. / В.Ф. Демин, Р.А. Мусин, Э.Р. Халикова, А.Е. Жұмабекова. // ҚарМТУ еңбектері. 2018. № 3. Б. 64–67 (ағылшын тілінде)
7. А.А. Зейнуллин, В.Ф. Демин, А.С. Кайназарова және басқалары. Тау-кен қазбаларын жүргізу мен қолдаудың геомеханикалық қағидаттары: оқу құралы. Екібастұз: Қ. Сәтбаев атындағы ЕПТИ, 2019, 148 б. (орыс тілінде)
8. Демин В. Тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізуді қамтамасыз ету үшін тазарту кенжарына жоғары тау қысымы аймақтарында тау-кен қазбаларын бекіту технологиясын зерттеу. / В. Демин, Е. Халикова, М. Рабатұлы, З. Аманжолов, А. Жұмабекова, Д. Сыздықбаева, Г. Бахмағамбетова, Ю. Елжанов. // Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру. № 18 (1). Б. 27–36 (ағылшын тілінде)
9. Yang H. Көмір жолы үшін топырақты тез қазу үшін төмен тығыздықтағы төбені қолдау технологиясын зерттеу және қолдану. / Yang H., Han C., Zhang N., Pan D., Xie Z. // Инженерлік-геологиялық ізденістер. 2020. Т. 38. Б. 389–401 (ағылшын тілінде)
10. Xiong Y. Жақын көмір қабаттары тобында қайта қазу кезінде төменгі көмір қабаты бетінің тұрақтылығын талдау. / Xiong Y., Kong D., Wen Z., Wu G., Liu Q. // Ғылыми есептер. 2022. № 12 (1). Б. 1–14 (ағылшын тілінде)
11. Нехрий С. Қорғаныш құрылыстары астындағы жұмсақ жанасатын жыныстардың геомеханикалық жай-күйін зерттеу. / С. Нехрий, Т. Нехрий, О. Золотарова, С. Волков. // Тау-кен-геологиялық-мұнай жинау. 2021. № 36 (4). Б. 61–71 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Prokopov A.Yu. Aprobatsiya i otsenka tochnosti nerazrushayushchego ekspress-metoda opredeleniya prochnostnykh svoistv porodnogo massiva v usloviyakh rekonstruktsii Rokskogo tonnelya. / A.Yu. Prokopov, Yu.A. Gergart. // Gornyi zhurnal. 2015. № 4. S. 101–107 [Prokopov A.Yu. Testing and assessment of the accuracy of the non-destructive express method for determining the strength properties of the rock massif under the conditions of reconstruction of the Rock tunnel. / Prokopov A.Yu., Gergart Yu.A. // Mining Journal. 2015. № 4. P. 101–107] (in Russian)
2. Terent'ev P.Yu. Primenenie chislennykh metodov dlya rascheta gornogo davleniya v gorizontal'nykh vyrabotkakh pri nalichii tekhnologicheskikh vozdeistvii. / P.Yu. Terent'ev, N.P. Nemchin. // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'. 2015. № 11. S. 162–172 [Terentyev P.Yu. Application of quantitative methods for calculating rock pressure in horizontal workings in the presence of technological impacts. / Terentyev P.Yu., Nemchin N.P. // Mining Information and Analytical Bulletin. 2015. № 11. P. 162–172] (in Russian)

3. Demin V.F. Ustoichivost' porodnykh obnazhenii v vyrabotkakh pri razlichnykh vidakh krep'i. / V.F. Demin, A.E. Sudarikov, T.V. Demina, Yu.Yu. Steflyuk i dr. // Trudy universiteta KarGTU. 2015. № 1. S. 68–70 [Demin V.F. Stability of rock outcrops in workings under various types of support. / Demin V.F., Sudarikov A.E., Demina T.V., Steflyuk Yu.Yu. et al. // Proceedings of the University of KSTU. 2015. № 1. P. 68–70] (in Russian)
4. Diomin V.F. Studying coal seam bedding tectonic breach impact on supporting parameters of mine workings with roof bolting. / Diomin V.F., Khalikova E.R., Diomina T.V., Zhurov V.V. // Scientific Bulletin of the National Mining University. 2019. № 5. P. 16–21 (in English)
5. Zholmagambetov N. Ensuring a safe geomechanical state of the rock mass surrounding the mine workings in the Karaganda coal basin, Kazakhstan. / Zholmagambetov N., Khalikova E., Demin V., Balabas A., Abdrashev R., Suiintayeva S. // Mining of Mineral Deposits. 2023. № 17 (1). P. 74–83 (in English)
6. Demin V.F. Technology of Controlling Geomechanical Processes for Increasing Stability of Coal-Rock Massive Around Workings. / Demin V.F., Musin R.A., Halikova E.R., Zhumabekova A.E. // Proceedings of the KSTU. 2018. № 3. P. 64–67 (in English)
7. Zeinullin A.A., Demin V.F., Kainazarova A.S. i dr. Geomekhanicheskie printsipy provedeniya i podderzhaniya gornyx vyrabotok: uchebnoe posobie. Ekibastuz: EITI im. akad. K. Satpaeva, 2019, 148 s. [Zeynullin A.A., Demin V.F., Kainazarova A.S. et al. Geomechanical principles of conducting and maintaining mine workings: a textbook. Ekibastuz: EITI named after Academician K. Satpayev, 2019, 148 p.] (in Russian)
8. Demin V. Research into mine working fastening technology in the zones of increased rock pressure behind the longwall face to ensure safe mining operations. / Demin V., Khalikova E., Rabatuly M., Amanzholov Z., Zhumabekova A., Syzdykbaeva D., Bakhmagambetova G., Yelzhanov Y. // Mining of Mineral Deposits. 2024. № 18 (1). P. 27–36 (in English)
9. Yang H. Research and application of low density roof support technology of rapid excavation for coal roadway. / Yang H., Han C., Zhang N., Pan D., Xie Z. // Geotechnical and Geological Engineering. 2020. V. 38. P. 389–401 (in English)
10. Xiong Y. Analysis of coal face stability of lower coal seam under repeated mining in close coal seams group. / Xiong Y., Kong D., Wen Z., Wu G., Liu Q. // Scientific Reports. 2022. № 2 (1). P. 1–14 (in English)
11. Nehrii S. Investigation of the geomechanical state of soft adjoining rocks under protective constructions. / Nehrii S., Nehrii T., Zolotarova O., Volkov S. // Mining-geological-oil collection. 2021. № 36 (4). P. 61–71 (in English)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Прокопов А.Ю. Апробация и оценка точности неразрушающего экспресс-метода определения прочностных свойств породного массива в условиях реконструкции Рокского тоннеля. / А.Ю. Прокопов, Ю.А. Гергарт. // Горный журнал. 2015. № 4. С. 101–107 (на русском языке)
2. Терентьев П.Ю. Применение численных методов для расчета горного давления в горизонтальных выработках при наличии технологических воздействий. / П.Ю. Терентьев, Н.П. Немчин. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 11. С. 162–172 (на русском языке)
3. Демин В.Ф. Устойчивость породных обнажений в выработках при различных видах крепи. / В.Ф. Демин, А.Е. Судариков, Т.В. Демина, Ю.Ю. Стефлюк и др. // Труды университета КарГТУ. 2015. № 1. С. 68–70 (на русском языке)
4. Демин В.Ф. Изучение влияния тектонического нарушения напластования угольных пластов на опорные параметры горных выработок с помощью крепи кровли. / В.Ф. Демин, Е.Р. Халикова, Т.В. Демина, В.В. Журов. // Научный вестник Национального горного университета. 2019. № 5. С. 16–21 (на английском языке)
5. Жолмагамбетов Н. Обеспечение безопасного геомеханического состояния горного массива, окружающего горные выработки Карагандинского угольного бассейна, Казахстан. / Н. Жолмагамбетов, Е. Халикова, В. Демин, А. Балабас, Р. Абдрашев, С. Суйинтаева. // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2023. № 17 (1). С. 74–83 (на английском)
6. Демин В.Ф. Технология управления геомеханическими процессами для повышения устойчивости угленосных массивов вокруг выработок. / В.Ф. Демин, Р.А. Мусин, Э.Р. Халикова, А.Е. Жумабекова. // Труды КарГТУ. 2018. № 3. С. 64–67 (на английском языке)
7. Зейнуллин А.А., Демин В.Ф., Кайназарова А.С. и др. Геомеханические принципы проведения и поддержания горных выработок: учебное пособие. Экибастуз: ЕИТИ им. акад. К. Сатпаева, 2019, 148 с. (на русском языке)

8. Демин В. Исследование технологии крепления горных выработок в зонах повышенного горного давления за очистным забоем для обеспечения безопасного ведения горных работ. / В. Демин, Е. Халикова, М. Рабатулы, З. Аманжолов, А. Жумабекова, Д. Сыздыкбаева, Г. Бахмагамбетова, Ю. Елжанов. // *Разработка месторождений полезных ископаемых*. 2024. № 18 (1). С. 27–36 (на английском языке)
9. Yang H. Исследование и применение технологии поддержки крыши с низкой плотностью для быстрой выемки грунта для угольной дороги. / Yang H., Han C., Zhang N., Pan D., Xie Z. // *Инженерно-геологические изыскания*. 2020. Т. 38. С. 389–401 (на английском языке)
10. Xiong Y. Анализ устойчивости поверхности угля нижнего угольного пласта при повторной разработке в группе близких угольных пластов. / Xiong Y., Kong D., Wen Z., Wu G., Liu Q. // *Научные отчеты*. 2022. № 12 (1). С. 1–14 (на английском языке)
11. Нехрий С. Исследование геомеханического состояния мягких примыкающих пород под защитными сооружениями. / С. Нехрий, Т. Нехрий, О. Золотарова, С. Волков. // *Горно-геолого-нефтяной сборник*. 2021. № 36 (4). С. 61–71 (на английском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Халикова Э.Р., Ph.D, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының доценті міндетін атқарушы, «Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан), salyahova_e@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1501-8492>
Жұмабекова А.Е., Ph.D, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының доценті міндетін атқарушы, «Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан), aila1980@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1501-5382>
Сыздыкбаева Д.С., т.ғ.м., оқытушы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ, «Тау-кен ісі» мамандығы бойынша постдокторант (Қарағанды қ., Қазақстан), dikow-1290@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0673-0384>
Мустафин М.Г., т.ғ.д., профессор, Санкт-Петербург тау-кен императрица Екатерина II университеті Инженерлік геодезия кафедрасының меңгерушісі (Санкт-Петербург қ., Ресей), Mustafin_MG@pers.spmi.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9416-2358>

Information about the authors:

Khalikova E.R., Ph.D, Acting docent of the Department «Development of Mineral Deposits», NAO «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)
Zhumabekova A.E., Ph.D, Acting docent of the Department «Development of Mineral Deposits», NAO «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)
Syzdykbaeva D.S., Master of science, teacher, NAO «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov», postdoctoral student with a degree in Mining (Karaganda, Kazakhstan)
Mustafin M.G., docent, Professor, Head of the Department of Engineering Geodesy, St. Petersburg Mining University of Empress Catherine II (St. Petersburg, Russia)

Сведения об авторах:

Халикова Э.Р., Ph.D, и.о. доцента кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)
Жумабекова А.Е., Ph.D, и.о. доцента кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)
Сыздыкбаева Д.С., м.т.н., преподаватель, НАО «Карагандинский технический университет им. Абылқаса Сагинова», постдокторант по специальности «Горное дело» (г. Караганда, Казахстан)
Мустафин М.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Инженерной геодезии, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II (г. Санкт-Петербург, Россия)