

Код МРНТИ 52.35.29:52.13.23

*А. У. Кожантов, Д. К. Ахметканов, Е. Х. Абен, С. С. Мырзахметов
«Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КЕАҚ
(Алматы қ., Қазақстан)

ҚАРАҒАНДЫ КӨМІР БАССЕЙНІНДЕГІ ҚАЗБАЛАРДЫҢ КЕРНЕУІ- ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН ЖАЙ-КҮЙІН ЕСКЕРІП АНКЕРЛІК БЕКІТУДІҢ МҮМКІНДІГІН ҚАРАСТЫРУ

Аннотация. Соңғы уақытта тау-кен жұмыстары тереңдігінің өсуіне және жату жағдайлары қолайлы қабаттарды бастапқы өндеуге байланысты қазудың тау-кен-геологиялық жағдайларының күрделенуіне орай өндірудің өзіндік құны артуда, дайындық кенжарларындағы өнімділік төмен деңгейде, тау-кен қазбаларын жүргізу, ұстау және жөндеу кезінде еңбек сыйымдылығы өсуде. Тау-кен қазбаларын бекіту және қолдану көмірді жерасты өндірудің тиімділігін анықтайтын құрамдас бөліктердің бірі ретінде қабылданды. Шахталарда дайындық қазбаларын жүргізу кезіндегі тиімді және қауіпсіз жұмыс шарттарының бірі бекіту материалдарының шығынының азаюы, олардың орнықтылығын қамтамасыз ету. Мақалада тау-кен жұмыстарын жүргізу қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында шахталардағы қазбаларды анкерлік бекітпені пайдалану параметрлері қарастырылған.

Түйінді сөздер: талдамалық модельдеу, кернеулі-деформацияланған жай-күй, контур жанындағы алап, тау жыныстары, тау-кен қазбаларын бекіту, анкерлік бекітпе.

Considering the stress-strain state in the Karaganda coal basin for the possibility of using the anchorage of the workings

Abstract. Recently, due to the increasing complexity of mining and geological conditions caused by the growing depth of mining operations and the initial development of seams with favorable conditions, the cost of production has been increasing, productivity in preparatory workings remains low, and the labor intensity of mining, maintenance, and repair of mine workings is increasing. The reinforcement and support of mine workings is one of the factors determining the efficiency of underground coal mining. One of the conditions for effective and safe work during preparatory mining in mines is to ensure their stability with minimal consumption of reinforcement materials. The article defines the parameters for the use of anchor support in mines to secure rods in workings in order to ensure the safety of mining operations.

Key words: analytical modeling, stress-strain state, near-surface array, rock formations, mine support, anchor support.

Возможности использования анкерного крепления выработок в Карагандинском угольном бассейне с учетом напряженно-деформированного состояния

Аннотация. В последнее время в связи с усложнением горно-геологических условий разработки, обусловленное ростом глубины горных работ и первоначальной отработкой пластов с благоприятными условиями залегания, повышается себестоимость добычи, снижается производительность и растет трудоемкость при проведении, поддержании и ремонте подготовительных выработок. Крепление и поддержание горных выработок является одной из составляющих, определяющих эффективность подземной добычи угля. Одним из условий эффективной и безопасной работы при проведении подготовительных выработок на шахтах является обеспечение их устойчивости при минимальном расходе крепящих материалов. В статье определены параметры эксплуатации анкерной крепи на шахтах в целях обеспечения безопасности ведения горных работ.

Ключевые слова: аналитическое моделирование, напряженно-деформированное состояние, приконтурный массив, горные породы, крепление горных выработок, анкерная крепь.

Кіріспе

Көмір қабаттарын қазудың тиімділігі мен қауіпсіздігі тау-кен қазбаларын бекіту технологиясын жетілдіру есебінен едәуір дәрежеде арттырылуы мүмкін [1]. Анкерлік бекітпе бекітудің ресурс үнемдеу тәсілдерін қолдану көлемін ұлғайтады, өнімділігі жоғары бұрғылау жабдығын пайдалану кезінде қазбаларды үңгілеу процесін жеделдетуге, оларды жүргізу құнын төмендетуге және анкерлік бекітпені қолдану саласын кеңейтуге мүмкіндік береді.

Орнатылатын анкерлік темір торлар тізбесі бекітілетін ұңғымалар мен бүйір жағынан бұрғыланған қазбаларды ұстап тұруға мүмкіндік береді. Орнатылғаннан кейін бірден қазбалар төбесінің тау-кен алабында және тау-кен жыныстарының жылжуы мен опырылуына қарсы төтеп беріп, бүйірмен қосылу аймағын орнықтылығы үшін орнатылады.

Анкерлік бекітпенің басқа артықшылығы бекітпені толық механикаландыру мүмкіндігі болып табылады, нәтижесінде үңгілеу жұмыстарының еңбек сыйымдылығы едәуір төмендейді және қазбаларды жүргізу жылдамдығы артады [2].

Шетелдік практикада көмір шахталарында анкерлік бекітпені пайдалану көлемінің ұдайы ұлғаюы жүріп жатыр, оның үлесі бүгінде Австралияда – 87, Қытайда – 83, АҚШ-та – 52, Ресейде – 60%-ды құрайды.

Бұл металл прокатының, сондай-ақ бетонның, ағаш материалдарының шығынын 2–3 есе төмендетуге әкеледі және бұл қазбаларды бекіту кезінде тау-кен жұмыстары-

ның өнімділігін 1,5–2,0 есе арттырады, содан кейін оларды жүргізу қарқынын 2–3 есе арттырады. Бекіту кезінде тұрақты күйде ұстап тұру шығындарын екі есе арттырады [3]. Қазіргі уақытта Қарағанды бассейнінің шахталарында анкерлік бекітпені қолдану 35 км-ден аспайды (немесе жүргізілетін қазбалардың жылдық көлемінің 54%-н құрайды), бұл тау-кен геологиялық және тау-кен техникалық жағдайлардың 600 м астам тереңдікке ауысуына байланысты (тазалу жұмыстарының әсер ету аймақтарында). Жылжымалы және пайдаланылған лава жыныстары құлау аймақтарында орналасқан кезде одан жоғары (бұрын жоғарғы қабаттарда қалдырылған кентіректерден) тау жыныстарының қысымы 20–30%-ға өскенде оның пайда болу қарқындылығы 1,2–1,3 есе өседі. Әсіресе өндірілген кеңістік шекарасындағы қазбалардағы жарықшақтардың өсу деңгейі қарқынды жүреді [4, 5].

Анкерлік бекітуді қолдану саласын кеңейту үшін проблемалардың бірі төменгі көкжиектердегі қазбалардың айналасындағы жыныстарда геомеханикалық процестердің дамуының жеткіліксіз зерттелуі болып табылады.

Зерттеу әдістері

Анкерлік бекітпемен қазбаларды қамтитын жыныстардың жалаңаштану уақытын ескере отырып, жыныс массивінің деформация заңдылықтарын зерттеу бекітудің ұтымды параметрлерін айқындау үшін негіз болып табылады.

Анкерлік бекітпесі бар тау-кен қазбаларын қамтитын массивтің деформациясы мынадай реттілікпен жүргізіледі. Қазбаны жүргізу кезеңінде анкерлерді орнату сәтіне дейін дереу қирау аймақтары қалыптасады және массивтің кернеулі деформациясына қайта зерттеу жүргізіледі, бұл қазба контурынан массивке тереңдікке қарай опырылу шебінің өсуіне әкеп соғады. Осыдан кейін контурға жақын жыныстардың опырылуы тоқтатылады, ал анкерлі-темір тор жыныстардың қосытылуынан түсетін жүктемені өзіне қабылдайды және қирау шебінің массивке тереңдеуі жыныстардың қазба контурына қарай ығысуын тежейді.

Қарағанды көмір бассейні шахталарындағы тау жыныстарының деформациясының негізгі түрлері: көмірдің құлауы, үгілуі, сығылуы және тау жыныстарының шоғырлануы болып табылады [6, 7]. Контур жанындағы массивтің жай-күйіне әсер ететін қолайсыз факторлардың жиынтығы (қазбаның орналасу тереңдігі, жоғары тау-кен қысымы аймағында қазба жүргізу) қазбаны ұстап тұру жағдайларының нашарлауына және тау-кен жұмыстарын жүргізу мүмкіндігінің қолайсыздығына алып келеді – 1-сурет.

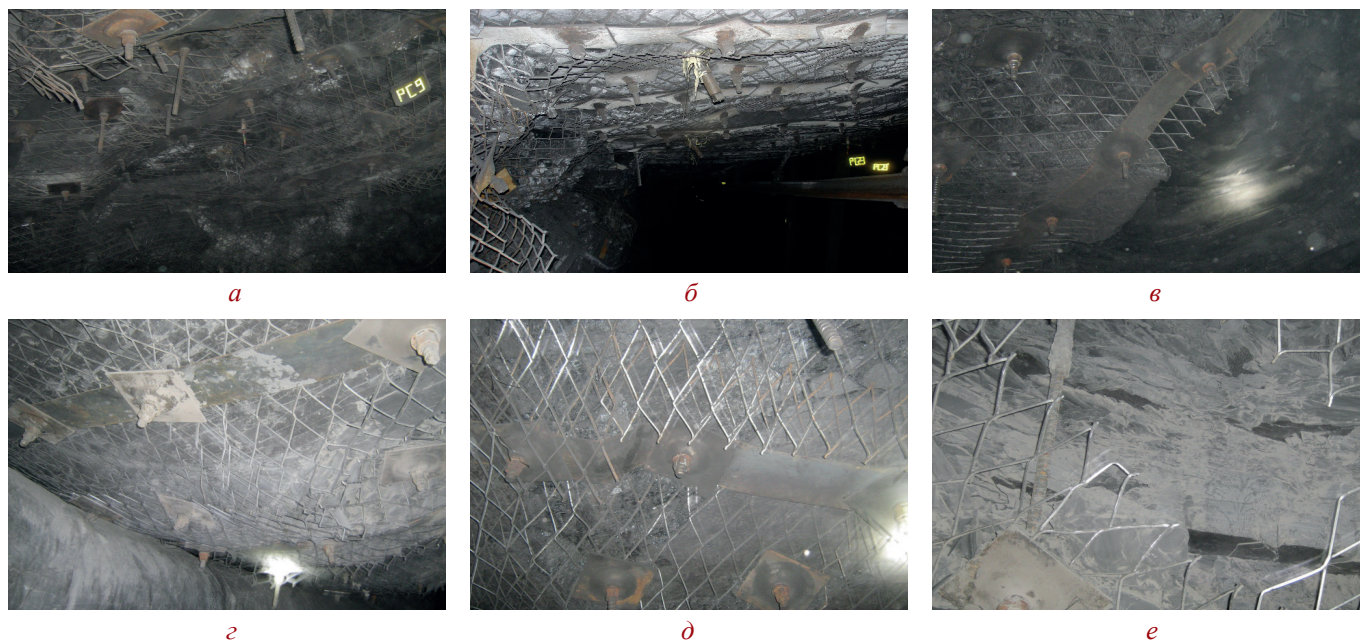
Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында дайындық қазбаларының жай-күйінің нашарлауының негізгі себебі, тау-кен жұмыстары тереңдігінің өсуімен жыныстардың геостатикалық қысымға беріктігі қатынасының төмендеуі болып табылады. Қосымша әсер ету факторы қазбалардың үстінде орналасқан көмір қабаттарының кентіректері

мен шеткі бөліктерінің болуы. Қарағанды көмір бассейнінде жоғары тау-кен қысымының (ШЖК) әсер ету аймағында жыл сайын қолданыстағы қазбалардың 20–30%-ы түзетіледі және олардың жай-күйі қанағаттанарлықтан өте нашар деп бағаланады.

Қазбаларды жүргізу барысында тау-кен жұмыстарын жүргізу үшін күрделі аймақтар жиі кездеседі: жоғары тау-кен қысымы, бұрын өткен қазбалардың астынан өту, ұңғымаларға тікелей жақын жерде, әртүрлі сипаттағы геологиялық бұзушылықтар аймақтарында, сыйымды жыныстардың орнықтылығын жоғалту кезінде жату параметрлерінің өзгеруі, қазбалардың бұзылуы мен судың кіруі.

Дайындық қазбаларында анкерлік бекітпені қолдану мүмкіндігіне әсер ететін факторлар: сыйымдылық жыныстарындағы анкерлердің бекітілу беріктігі, қазбалардың айналасындағы тау жыныстарының қауіпті деформациялары аумағының өлшемдері қазбаның ығысу шамасына және тау жыныстарының қауіпсіз ығысуының (түсуінің) шекті шамасы [6, 7, 8].

Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында аралас бекітпе басым қолданылатын тікбұрышты дайындық (ені 5 м биіктігі бойынша 3,0–3,3 м) және көлденең қимасы (биіктігі мен ені 4,7 x 3,3 м) қазбаларда (конвейерлік штректер мен бремсбергтер) қатарлар арасы 0,5 қадаммен 12–14 дана болат полимерлік жабындылардан тұратын анкерлік бекітпелер қолданылады.



Сурет 1. Тау-кен қазбаларын анкерлік бекітуді пайдалану кезіндегі тау-кен қысымының көріністері:

а – қазба төбесінің тұрақсыз жай-күйі, б – қазба бұрыштарын нығайту панорамасы, в – қазба төбесінде пайда болған күмбез, г – қазба төбесінің отыруы, д – анкер өзегінің деформациясы, е – қазба төбесінің жарықшақтылығы.

Figure 1. Manifestations of rock pressure when using anchor support in underground workings: *a – unstable condition of the excavation roof, b – panorama of excavation corner reinforcement, c – dome formed in the excavation roof, d – subsidence of the excavation roof; e – deformation of the anchor rod; f – fracturing of the excavation roof.*

Рис. 1. Проявления горного давления при использовании анкерного крепления горных выработок:

а – неустойчивое состояние кровли выработки, б – панорама укрепления углов выработки, в – купол, образовавшийся в кровле выработки, г – оседание кровли выработки, д – деформация стержня анкера, е – трещиноватость кровли выработки.

Қатарлардағы 0,65 м және қалыңдығы 4–6 мм темірден жасалған бүйірлік анкерлер орналастырылады (швеллер № 10, 150 x 5 мм). Ұзындығы 2,4 м шпурларды, сондай-ұзындығы 1,6–1,8 м АМК-М4 типті химиялық ампулаларды толық толтыру үшін 1 x 1 м тормен орнатылатын пластмассаға 35–40° бұрышпен жабу анкерлері қолданылады [7–9].

Қазба төбесінің және бүйірлік (ұзындығы 1,8 м) анкерлердің санынан әр 0,5 м сайын анкерлік немесе торсыз металл аркалық бекітпеден тұратын құрамдастырылған бекітпе қолданылады. Әлсіреген аймақтарда немесе тұрақсыз бүйір тау жыныстары бар бейіндерінен 1 м сайын қазбаның бүйіріне анкерлермен бекітілетін бүйір тіреулер қосымша орнатылады.

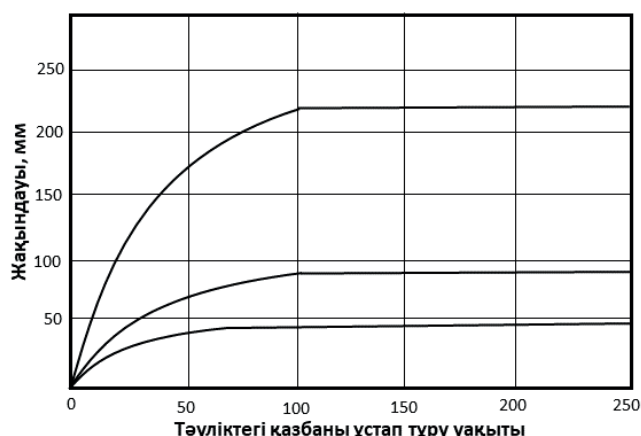
Қазба төбесінің сыйымды тау жыныстарының беріктігі 20-дан 40 МПа-ға дейін өзгереді. Қазбаларды жүргізу жылдамдығы анкерлік бекітпені таза күйінде бекіту кезінде құрайды: далалық қазбалар үшін 100–140 м/ай, қабаттық қазбалар үшін 130–200 м/ай. Қазбалардың қызмет ету мерзімі 3–4 жылға дейін.

Анкерлерді қолдану орынсыз болған жағдайда (жарықшақты, тұрақсыз, суланған жыныстар, тектоникалық бұзылулардың болуы және т. б.) бекітпені күшейту тәсілдері қолданылады.

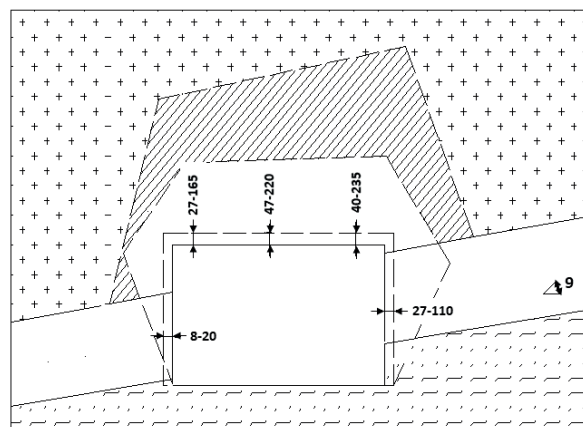
Тау-кен технологиялық факторлардың және қазбалар параметрлерінің Қарағанды көмір бассейндері («Күзембаев», Костенко, «Саранская», «Тентек», «Абай», «Шахта») «Тинская», «Қазақстан» шахталарында қазбалардың тұрақтылығына әсерін айқындау үшін нақты бақылау жүргізілді [10, 11].

Нәтижелер және талқылау

Шахталардағы дайындық қазбаларының жай-күйін зерттеу келесілерді анықтауға мүмкіндік берді.



а



б

Сурет 2. Бекіту түріне байланысты қазба конвергенциясының динамикасы.

а – контурлардың жылжуы: 1 – анкерлік бекітпе, 2 – құрамдастырылған бекітпе, 3 – бұзылу немесе тірек қысымы аймақтарында күшейтілген, б – қазба айналасындағы ығысу геомеханикасы.

Figure 2. Dynamics of convergence of output depending on the type of fastening.

а – contour displacement: 1 – rock bolt support, 2 – combined support, 3 – reinforced in failure or abutment pressure zones, б – geomechanics of displacement around the excavation.

Рис. 2. Динамика конвергенции выработки в зависимости от типа крепления.

а – смещение контуров: 1 – анкерная крепь, 2 – комбинированная крепь, 3 – усиленная в зонах разрушения или опорного давления, б – геомеханика смещения вокруг выработки.

Кесме 1

Қазбалардағы қазба төбесінің және табанында күтілетін ығысулар

Table 1

Expected roof and soil displacement in workings

Таблица 1

Ожидаемые смещения кровли и почвы в выработках

Қазба жұмыстарының сипаты	Есептік көрсеткіштері					
	V_{oc} мм/тәу.	V_y мм/тәу.	R_{01} мм	R_{02} мм	R_a мм	R_o мм
Массивте жүргізілгені	0,6	-	60	-	-	250
Жанас қазбаларда	1,2	-	110	-	-	500
Лава артында жобаланған	-	1,5	-	110	160	680
Лава бойында жобаланған	0,6–0,9	0,8–1,6	60	110	140–160	850

Тау жыныстарының шоғырлануына анкерлік бекітпені метал арқалық иілгіш бекітпемен комбинацияда қолдану елеулі әсер ететіні анықталды. Құрамдастырылған және анкерлік бекітпесі бар қазбаларда 0,1–0,15 м шоғырланады, ал металл арқалық бекітпесі болса қазбаларда $= 0,4 \div 0,5$ м құрайды, бұл ретте төбені түсіру екі жағдайда да аз ерекшеленеді және 1,0–1,1 м құрай алады (1-кесте).

Мұнда V_{oc} және V_y – тиісінше тазалау жұмыстарының әсер ету аймағынан тыс және тау қысымы белгіленген аймақта жыныстардың ығысу жылдамдығы;

R_{01} , R_{02} , R_a , R_o – тиісінше бірінші, екінші лава алдындағы уақытша тірек қысымы аймағындағы жыныстардың жылжуы, бірінші лава артындағы қазба төбесінің дың белсенді жылжуы, күтілетін конвергенцияның жалпы шамасы.

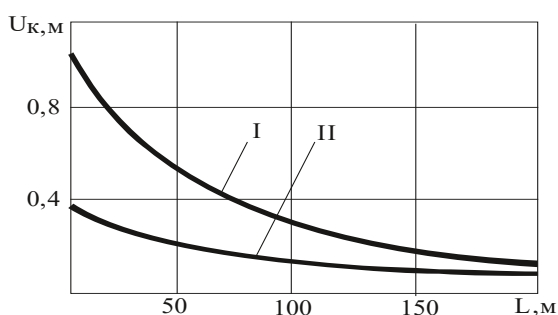
Тау жыныстардың қарқынды ығысуының басталуы лавадан 80–120 м қашықтықта (жүктеменің ең жоғары 250–350 кН және рұқсат етілетін 260 кН кезінде, бекітпе қадамы металл арқалық бекітпесі -0,5 м кезінде) тазарту кенжары желісінен төбенің ең жоғары ығысуы 0,5–1,1 м текше парабола бойынша қабаттың қуаты 1,5-тен 4,0 м-ге

дейін өзгерген кезде байқалады. Бүйір қабырғаларының ығысуы төбенің ығысуынан 20–45% аз. Бұл ретте ойып алу бағанасы жағынан бүйірлердің ығысуы тиіспеген массив жағынан 25–45%-ға көп.

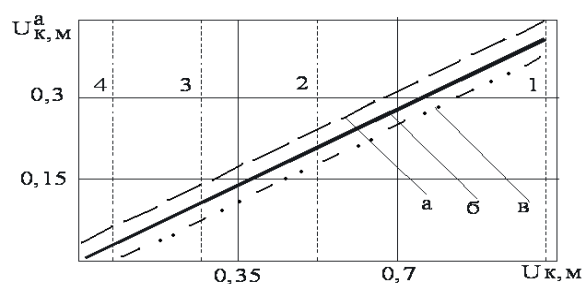
2,0–2,5 м тереңдіктегі жыныстардың қабатталуы (ұзақтығы) 1,5–2,0 м диапазондағы қабаттың қуаты кезінде 0,2–0,25 м және 3,5–4,5 м – қабаттың қуаты кезінде тиісінше 0,5–0,55 м құрады.

Қабаттың қуаты 2,0 және 4,0 м болған кезде бекітпеге жүктеме қазба төбесінің жағынан 50 және 80 кН, кен алу бағаны жағынан 45 және 70 кН, қол сұғылмайтын массив жағынан 40 және 65 кН (7–8% аз) құрады. Қуаты 1,5–2,0 және 3,5–4,0 м тіреу қысымының әсерінен 2,5 және 4,5 м тереңдікте, бүйірлерінде – 0,9 және 1,2–1,7 м жарықтар арасындағы арақашықтық 0,1–0,3 м болатын қабаттарда жарықтар пайда болды, оны қорғасынға бұрышпен орната отырып, ұзындығы 2,3–2,4 м анкерлік бекітпені қолдануға мүмкіндік береді.

Анкерлік бекітуді қолдану тиісінше 0,55 және 0,45 қазбаларға қазба төбесінің дың ығысуын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді (3а, 3б-суреттерінде).



а



б

Сурет 3. Анкерлеу әсерінің ($U_k - б$) төбе жыныстарының ығысуына ($U_k - а$) лавадан қашықтыққа және анкерлерді орнату тығыздығына (P_a , анк./м²) тәуелділігі. 1 – металл қайрауыш (металл арқалық бекітпесі), 2 – анкерлі және металл арқалық бекітпесі. P_a : а – 0,8; б – 1,0; в – 1,2.

Figure 3. Dependence of the influence of anchoring ($U_k - б$) on roof rock displacement ($U_k - а$) on the distance from the lava and the density of anchor installation (P_a , anch./m²). 1 – steel frame support (steel arch support), 2 – rock bolt and steel frame support. P_a : а – 0.8; б – 1.0; в – 1.2.

Рис. 3. Зависимость влияния анкерования ($U_k - б$) на смещения пород кровли ($U_k - а$) от расстояния от лавы и плотности установки анкеров (P_a , анк./м²). 1 – металлическая рамная крепь (металлическая арочная крепь), 2 – анкерная и металлическая рамная крепь. P_a : а – 0,8; б – 1,0; в – 1,2.

Жыныстар үшін эксперименттік тәуелділіктер алынған, олар қазба төбесінің тау жыныстарын анкерлеу кезінде массивтің ығысуының өзгеруімен қарқындылығы бойынша бір типті. Ерекшелігі мынада: массивтің шоғырлануы түріндегі тау қысымының пайда болу шамасы төбе жыныстарының деформациясынан 1,25–1,27 есе асады.

Статистикалық эксперименттік деректерді өңдеумен қазбаның құрамдастырылған бекітпесі кезінде топырақтың (U_n , м) лава (L_n , м) қашықтығынан ену жылдамдығының эмпирикалық тәуелділігі белгіленген:

$$U_n = 0,7 - 0,003 \times L_n, \quad (1)$$

сондай-ақ топырақ жыныстарының ығысуына анкерлеу әсерінің (U_n^a , м) лавадан арақашықтығына (L_n , м) тәуелділігі:

$$U_n^a = 0,7 - 0,003 \times L_n. \quad (2)$$

Қазба топырағына орнатылатын анкерлердің ұзындығын пайдаланудың тау-кен-техникалық факторларына байланысты эмпирикалық формула бойынша айқындау ұсынылады:

$$L = \frac{6,75 \times B_n \times H_n}{\Pi_n}, \quad (3)$$

мұндағы 6,75 – эмпирикалық коэффициент;

B_n – кеше кен қазбасының ені, м;

H_n – тау жыныстарының шоғырлану шамасы (эксперименттік деректер), м;

Π_n – тау жыныстарының сығуға беріктігі, МПа.

Айқаспалы бағдарланған ұңғыма астындағы анкерлерді орнату қадамы металл арқалық бекітпе арқалары санының 1 пог. метрге екі еселенген шамасына теңдей метр көрсеткіштері [11].

Қорытынды

Анкерлерді орнату жіктелу аймағының мөлшерін орташа алғанда 1,25 есе азайту есебінен қазба төбесінің мен жыныстарының ығысуын азайтады. Қаралып отырған өзгерістер шегінде анкерлерді орнату тығыздығының өзгеруі (0,8–1,2 анк./м²) қазбалардың деформация шамасына елеулі әсер етпейді.

Анкерлік бекітпе түріндегі күшейту бекітпесі есебінен тікелей қазба төбесі тау жыныстарының беріктігін арттыру кезінде анкерлермен «тоқу» есебінен сыйымды жыныстардың беріктігі өседі (1,2–1,3 есе ұлғайды). Металл арқалық бекітпе кезінде қазба бүйірінің жалпы деформациясының шамасы анкерлік бекітпеге қарағанда орташа алғанда 0,55 м немесе 2 есе көп деформацияны құрады.

Анкерлік бекітпені неғұрлым кеңінен енгізу үшін кедергілердің бірі нақты геомеханикалық жағдайды және пайдалану тәжірибесін ескере отырып, бекіту параметрлерін негізді қабылдауға мүмкіндік беретін нормативтік базаның болмауы болып табылады. Жүргізілген зерттеулер бұл өнімді толықтыруға мүмкіндік береді.

Дербес анкерлік бекітпе пайдаланудың бүкіл мерзімі бойына олардың орнықты жай-күйін қамтамасыз етпейтін қазбаларда анкерлік қрды рамалық бекітпенің әдеттегі түрлерімен үйлесімде қолдану өте тиімді.

Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында шахталық толтырмалардың мен жинақталған тәжірибенің нәтижелерін талдау анкерлік бекітпені рамамен үйлестіре отырып қолдану қазбалардың орнықтылығын едәуір және бекіту материалдарының шығынын 1,5–2,0 есе төмендетуді қамтамасыз ететінін көрсетеді. Анкерлердің көмегімен қазба айналасындағы жыныстарда (қазба төбесі мен бүйір жақтарынан) жоғары жергілікті қабылдауды және тау қысымын рама бекітпесінің контуры бойынша теңестіруді, оның элементтерін бөлуді қамтамасыз етуге болады.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Еременко В. А. Анкерлік бекітудің қазіргі заманғы технологиялары // *Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені*. – 2012. – № S5. – Б. 111–117 (орыс тілінде)
2. Іргелес тау-кен қазбаларын жүргізу мен қолдаудың геомеханикалық жағдайларын зерттеу / Г. Д. Танекеева [және т. б.] // *Уголь*. – 2023. – № 2. – Б. 31–33 (орыс тілінде)
3. Дауренбекова А. Н., Кожантов А. У. *Тау-кен технологиясының негіздері*. – Алматы: Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, 2017. – 161 б. (қазақ тілінде)
4. Дауренбекова А. Н., Кожантов А. У. *Тау-кен өндірісінің өзара байланысты процестері үшін кешенді кен орындарын ашық игеру (жер қойнауынан кешенді пайдалы қазбаларды өндіру кезінде)*. – Алматы: Т. Кенеев атындағы «Polytech» баспа орталығы, 2025. – 104 б. (орыс тілінде)
5. *Жер асты қазбаларынан туындаған жер үсті деформацияларының факторлары мен мониторингіне әсер ететін даму ерекшеліктері* / Y. Li [және т. б.] // *Sustainability*. – 2023. – № 15 (3). – Б. 18–69 (ағылшын тілінде)
6. *Жер асты жолдарындағы анкерлік болттардың деформациялық сипаттамалары мен жауап беру коэффициенттері* / Z. Wang [және т. б.] // *Applied Sciences*. – 2024. – № 14 (15). – Б. 66–94 (ағылшын тілінде)
7. *Терең жолдардың деформациясы мен бұзылуының сипаттамалары және оларды бақылау* / D. Chen [және т. б.] // *Frontiers in Earth Science*. – 2022. – № 10. – Б. 1–15 (ағылшын тілінде)
8. Olenyuk A., Shashkin V., Baimakhanov A. *Қарағанды көмір бассейнін тақырыптық зерттеу* // *E3S Веб-конференциялар*. – 2024. – № 432. – Б. 10–14 (ағылшын тілінде)
9. Бобнев Ю. Н. *Саран шахтасы жағдайында лаваларды өнімділігі жоғары өңдеу проблемалары* // *Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені*. – 2006. – № 12. – Б. 44–49 (орыс тілінде)

10. Korobayeva A., Shashkin V., Tleubergenov A. Қарағанды көмір бассейнінде микроэлементтерді бөлу (Қазақстан) // *Geosciences*. – 2024. – № 14 (6). – Б. 201–212 (ағылшын тілінде)
11. Vassilyev S., Isakov G. Қазақстандағы шахмалық метан: экономикалық және экологиялық тақырыптық зерттеу // *Central Asian Journal of Sustainability and Climate Research*. – 2024. – № 3. – Б. 96–125 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Eremenko V. A. *Sovremennyye tekhnologii ankernogo krepleniya [Modern anchorage technologies]*. Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' [Mining Information and Analytical Bulletin]. – 2012. – No. S5. – P. 111–117 (in Russian)
2. *Issledovanie geomekhanicheskikh uslovii provedeniya i podderzhaniya prisechnykh gornyykh vyrabotok [Investigation of geomechanical conditions for conducting and maintaining cross-section mining operations]* G. D. Tanekeeva et al. *Ugol' [Coal]*. – 2023. – No. 2. – P. 31–33 (in Russian)
3. Daurenbekova A. N., Kozhantov A. U. *Osnovy gornorudnoi tekhnologii [Fundamentals of mining technology]*. – Almaty: Kazakhskii natsional'nyi issledovatel'skii tekhnicheskii universitet imeni K. I. Satpaeva, 2017. – 161 p. (in Kazakh)
4. Daurenbekova A. N., Kozhantov A. U. *Otkrytaya razrabotka kompleksnykh mestorozhdenii dlya vzaimosvyazannykh protsessov gornogo proizvodstva (pri dobyche kompleksnykh poleznykh iskopaemykh iz neдр zemli) [Open-Pit Mining of Complex Deposits for Interrelated Processes of Mining Production (during the extraction of complex mineral resources from the earth's subsurface)]*. – Almaty: Izdatel'skii tsentr «Polytech» imeni T. Kenееva, 2025. – 104 p. (in Russian)
5. *Developmental Features, Influencing Factors, and Monitoring of Surface Deformation Induced by Underground Excavations* / Y. Li et al. // *Sustainability*. – 2023. – No. 15 (3). – P. 18–69 (in English)
6. *Deformation Characteristics and Response Factors of Rock Bolts in Underground Roadways* / Z. Wang et al. // *Applied Sciences*. – 2024. – No. 14 (15). – P. 66–94 (in English)
7. *Deformation and Failure Characteristics and Control of Deep Roadways* / D. Chen et al. // *Frontiers in Earth Science*. – 2022. – No. 10. – P. 1–15 (in English)
8. Olenyuk A., Shashkin V., Baimakhanov A. *A case-study of the Karaganda Coal Basin* // *E3S Web of Conferences*. – 2024. – No. 432. – P. 1–14 (in English)
9. Bobnev Yu. N. *Problemy vysokoproizvoditel'noi otrabotki lav v usloviyakh shakhty «Saranskaya» [Problems of high-performance lava mining in the conditions of the Saranskaya mine]*. Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' [Mining Information and Analytical Bulletin]. – 2006. – No. 12. – P. 44–49 (in Russian)
10. Korobayeva A., Shashkin V., Tleubergenov A. *Trace Elements Distribution in the Karaganda Coal Basin (Kazakhstan)* // *Geosciences*. – 2024. – No. 14 (6). – P. 201–212 (in English)
11. Vassilyev S., Isakov G. *Coal mine methane in Kazakhstan: economic and environmental case study* // *Central Asian Journal of Sustainability and Climate Research*. – 2024. – No. 3. – P. 96–125 (in English)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Еременко В. А. *Современные технологии анкерного крепления* // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № S5. – С. 111–117 (на русском языке)
2. *Исследование геомеханических условий проведения и поддержания присечных горных выработок* / Г. Д. Танекеева [и др.] // Уголь. – 2023. – № 2. – С. 31–33 (на русском языке)
3. Дауренбекова А. Н., Кожантов А. У. *Основы горнорудной технологии*. – Алматы: Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, 2017. – 161 с. (на казахском языке)
4. Дауренбекова А. Н., Кожантов А. У. *Открытая разработка комплексных месторождений для взаимосвязанных процессов горного производства (при добыче комплексных полезных ископаемых из недр земли)*. – Алматы: Издательский центр «Polytech» имени Т. Кенеева, 2025. – 104 с. (на русском языке)
5. *Особенности развития, влияющие факторы и мониторинг поверхностной деформации, вызванной подземными раскопками* / Y. Li [и др.] // *Sustainability*. – 2023. – № 15 (3). – С. 18–69 (на английском языке)
6. *Деформационные характеристики и коэффициенты отклика скальных болтов на подземных дорогах* / Z. Wang [и др.] // *Applied Sciences*. – 2024. – № 14 (15). – С. 66–94 (на английском языке)
7. *Характеристики деформации и разрушения и контроль глубоких дорог* / D. Chen [и др.] // *Frontiers in Earth Science*. – 2022. – № 10. – С. 1–15 (на английском языке)
8. Olenyuk A., Shashkin V., Baimakhanov A. *Тематическое исследование Карагандинского угольного бассейна* // *E3S Web of Conferences*. – 2024. – № 432. – С. 10–14 (на английском языке)

9. Бобнев Ю. Н. Проблемы высокопроизводительной отработки лав в условиях шахты «Саранская» // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 12. – С. 44–49 (на русском языке)
10. Korobayeva A., Shashkin V., Tleubergenov A. Распределение микроэлементов в Карагандинском угольном бассейне (Казахстан) // Geosciences. – 2024. – № 14 (6). – С. 201–212 (на английском языке)
11. Vassilyev S., Iskakov G. Шахтный метан в Казахстане: экономическое и экологическое исследование // Central Asian Journal of Sustainability and Climate Research. – 2024. – № 3. – С. 96–125 (на английском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Кожантов А. У., т. ф. к., «Тау-кен ісі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), a.kozhantov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-3658-9940>

Ахметканов Д. К., т. ф. к., «Тау-кен ісі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), d.akhmetkanov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0003-4824-7240>

Абен Е. Х., т. ф. к., «Тау-кен ісі» кафедрасының профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), y.aben@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-8537-229X>

Мырзахметов С. С., т. ф. к., «Тау-кен ісі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), s.myrzakhmetov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-3233-2515>

Information about the authors:

Kozhantov A. U., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Mining Department at Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Akhmetkanov D. K., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Mining Department at Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Aben E. Kh., Candidate of Technical Sciences, Professor of the Mining Department at Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Myrzhakhmetov S. S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mining at Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Кожантов А. У., к. т. н., ассоциированный профессор кафедры «Горное дело» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Ахметканов Д. К., к. т. н., ассоциированный профессор кафедры «Горное дело» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Абен Е. Х., к. т. н., профессор кафедры «Горное дело» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Мырзахметов С. С., к. т. н., ассоциированный профессор кафедры «Горное дело» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)



ГОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РОССИЯ

www.techmining.ru

8-Я СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА СТРОИТЕЛЬСТВО, МОДЕРНИЗАЦИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

15 сентября
2026

Москва

Swissôtel Красные Холмы Москва

