

# Жаман-Айбат кенорнында қазу жүйесінің параметрлерін геомеханикалық негіздеу

<sup>1\*</sup>БАЛПАНОВА Мерей Жұмағалиевна, ғылыми қызметкер, balpanova86@mail.ru,

<sup>2</sup>ЖАРАСПАЕВ Мадияр Аспандиярович, т.ғ.к., бас геомеханик, Madiyar.Zharaspaev@kazakhmys.kz,

<sup>3</sup>ЖИЕНБАЕВ Абзал Бахитович, оқытушы, Zhienbaev@list.ru,

<sup>4</sup>ТАЖИБАЕВ Данияр Кушбакалиевич, т.ғ.к., директор, dantaji@mail.ru,

<sup>1</sup>«Mining Research Group» ЖШС, Қазақстан, Қарағанды, Гончарная көшесі, 22/1,

<sup>2</sup>«Қазақмыс корпорациясы» ЖШС, Қазақстан, Жезқазған, Металлургтер көшесі, 1,

<sup>3</sup>«Ө.А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті» АҚ, Қазақстан, Жезқазған, Алашахан даңғылы, 16,

<sup>4</sup>Жер қойнауын пайдалануды жобалау-зерттеу орталығы, Қырғызстан, Бішкек, Медеров көшесі, 98,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Мақалада Жаман-Айбат кенорнындағы камералар төбелерінің аралықтарын геомеханикалық негіздеу мәселелері қарастырылған. Кен қорын бастапқы және қайта өндіру кезіндегі іс-жүзіндегі статистикалық мәліметтер мен талдаулар келтірілген. Төбенің бұзылу процесінің физикалық моделі таңдалды. Тазалау камераларының жұқа қатпарланған төбесінің орнықтылығын сандық модельдеу үшін есептік схема жасалды. Модельдеу Phase 2 (RocScience, Канада) бағдарламасы арқылы жүзеге асырылды. Модельдеу әр түрлі қабаттардың ығысуындағы айырмашылыққа байланысты төбенің ажырауын көрсетеді. Сандық модельдеу көрсеткендей, аралықтардың азаюы – бұл камера төбесінің орнықтылығын қамтамасыз етудің тиімді жолы, ол Жомарт кенішінің 12 жылдық тәжірибесі көрсеткендей, осы тау-кен және геологиялық жағдайларда қазу жүйесінің ең маңызды элементі болып табылады.

**Кілт сөздер:** қазу жүйесі, тазалау камерасы, камерааралық кентірек, тазалау камерасының аралығы, Жаман-Айбат кенорны, төбенің құлауы, тектоникалық кернеулер, төбенің орнықтылығын модельдеу, төбе қабаттарының қалыңдығы, таужыныстардың серпімділік модулі.

## Кіріспе

Жезқазған кенорнының шикізат базасын толықтыру үшін 2006 жылы «Қазақмыс корпорациясы» ЖШС Жомарт кенішімен игерілген Жаман-Айбат кенорны пайдалануға берілді. Жезқазған кенорнында қайта игеруді сәтті енгізу негізінде Жомарт кенішінде екі сатыда өндірілетін кентіректерді қазумен және кеңістіктерді жабумен жүзеге асырылатын панельдік-бағаналық қазу жүйесі қабылданған:

- тосқауыл кентіректерінің қорғай отырып панельдік-бағандық жүйенің камералық қорларын өңдеу;

- кеңістіктерді жабу және кентіректерді алу.

2009 жылдан бастап Жомарт кенішінде тәжірибелік-өнеркәсіптік тәртіпте камерааралық (ҚК) және тосқауыл кентіректерін (ТК) алудың әртүрлі схемалары мен тәртіптерімен қайта өндіру бойынша жұмыстар жүргізілуде, оның нәтижелері бойынша бүгінгі күні қазудың неғұрлым тиімді және қауіпсіз тәсілі әлі табылған жоқ. Себебі, нормативтік-әдістемелік құжаттамалар жоқ немесе Жаман-Айбат кен орнының тау-кен-геологиялық жағдайларына сәйкес келмейді.

Жаман-Айбат кен орнын қайта өндіру кезін-

де төбенің мерзімінен бұрын құлауы орын ала бастады, бұл пайдалы қазбаның шығындарының ұлғаюына әкеліп соқтырды. Бұл жағдайлар қазу жүйесінің параметрлерін түзете алатын жаңа шешімдерді іздеуді талап етеді. Осыған байланысты пайдалы қазба жоғалымының нормативтік талаптарын және жұмыстың қауіпсіздігін қамтамасыз ететін, панель қорларын бастапқы өндіру параметрлерін негіздеу зерттеу өзекті болып табылады [1].

## Статистикалық деректерді зерттеу және талдау

Камералық-бағандық қазу жүйесінің (КБҚЖ) параметрлері бірнеше рет өзгергенің 1-кестеден көруге болады.

Ені 9 м болатын тазалау камераларының төбесі диаметрі 22 мм, ұзындығы 2,4 м болат полимерлі анкерлермен бекітіледі, және 1×1 м торы бойынша кенжарға дейін орнатылады.

Камералық-бағандық қазу жүйесінде тау-кен жұмыстарының қауіпсіздік деңгейін, кеңді жер қойнауынан алуды және өндіру өнімділігін айқындайтын екі негізгі конструктивтік элемент бар. Бұл тазалау камераларының төбесі және оны

ұстап тұратын камерааралық кентіректер. Камерааралық кентіректердің орнықтылығына әсер ететін факторларды талдау, және оларды қандай өндірістік жағдайда ескерудің қажеттілігін зерттеу бойынша бірқатар еңбектерде айтылған [22, 33, 44, 55, 66].

Бұл жұмыста біз кеніштің практикалық тәжірибесі негізінде қабылданған жүйе параметрлерімен камера енінің қабылданған параметрлерінің сенімділігін талдаймыз.

Камералардың шектік аралығын есептеу арқылы негіздеу үшін Жомарт кенішінің тау-геологиялық жағдайларына сәйкес келетін төбе қабаттың құлау процесінің физикалық моделін таңдау қажет. Мұның негізі іс жүзінде байқалған шатырдың құлау заңдылықтары болып табылады [7]:

- камераларды пішу және бірінші ҚК безендіру кезінде анкермен бекітілген төбе қабаты жоғары жатқан таужыныстардан қабыршақтанып, және қарнақтарға ілініп қалады. Көптеген ажырау тасжарықтары пайда болады. Оларды мәжбүрлеп құлату қажеттілігі туындайды. Қалыңдығы 0,1÷0,3 м қарнақтар арасындағы таужыныстардың бөлініп түсуі жиі байқалады. Торкретбетонмен бекітілмеген төбенің бөліктерінде ұзындығы 1,5÷2,0 м дейін, ашылу ені 0,5 см-ге дейін жететін жарылған тасжарықтар көрінеді;

- кен қазу аймағындағы көптеген камераларда кенді бөліп алғаннан кейін алғашқы сағаттарда төбе таужыныстарының төменгі қабаты бұзылып,

қарнақ 0,5 м-ге дейін ашылып қалады [8];

- тазарту камераларының тоғысу орталықтарында төбенің ең көп майысқан жерлерінде жарылу жарықтары, анкерлік бекітпенің тірек тақталарының сынуы мен үзілуі жиі байқалады; ТАИС видеозондының көмегімен жүргізілген бақылаулар төбе контурынан 1,9 м-ден 2,4 м-ге дейінгі тереңдікте қабатаралық көлденең түйіспелер бойынша жарықтардың ашылуын көрсетті;

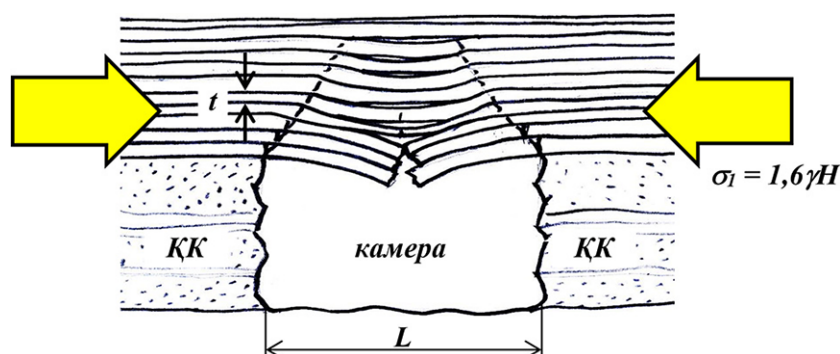
- ҚК 2÷3 қатарын жасағаннан кейін, төбенің жағдайы әдетте жақсарады: жалаңаш қарнақ саны мен қайта бекіту көлемі азаяды. Алайда, қазбаны өту жұмыстары сияқты, қарнақтағы консолидация (бөлініп ажырау) пайда болады. Негізінен камералардың осі бойымен өтетін жарықтар байқалады, бірақ аз дәрежеде;

- анкерлердің ұзындығынан асатын қалыңдықпен төбе опырылғаннан кейін, опырылу аймағының контуры үстіңгі жалпақ беті бар трапецияға тән түрге ие болады (1-сурет).

Егер тазарту камераларының төбесін тектоникалық кернеулермен сығылған, қалыңдығы 0,1÷0,3 м болатын қатпарланған таужыныстардың жұқа қабаттарының пакеті ретінде елестететін болсақ, онда камера төбесінің құлауының (бөлінуінің) осы заңдылықтары Л. Эйлер бойынша көлденең кернеулермен бойлық қысудан орнықтылықтың жоғалуына сәйкес келеді. Дәл осы схемаға сәйкес камералар төбесінің рұқсат етілген аралықтарын есептеу қажет. Есептеу схемасын таңдауды растау үшін жұқа плиталық төбенің қалай тұратынын

1-кесте – Жомарт кенішінде қолданылатын КБҚЖ параметрлері

Қазу жүйесінің параметрлері	ТК қадамы, м	ТК ені, м	Панельдің жарықтағы аралығы, м	ҚК торы, м	Камера ені, м	Панельдің ені бойынша ҚК/камера саны
Бастапқыда қабылданған параметрлері	150	20	130	18x18	9	8 және 7
Қосарланған кентіректері бар өзгертілген параметрлер	150	55	95	таспа тәрізді кентіректер 9x30	9	6 және 5
Қазіргі уақытта қолданылатын түзетілген параметрлер	125	40	85	19x19	9	5 және 4



1-сурет – Жомарт кенішіндегі тазалау камералары төбесінің опырылуына тән формасы

сандық модельдеу жүргізілді.

Кен мен таужыныстардың механикалық қасиеттерін, массивтің табиғи кернеулі күйін, массивтің құрылымы мен жарықтығын зерттеу, сондай-ақ:

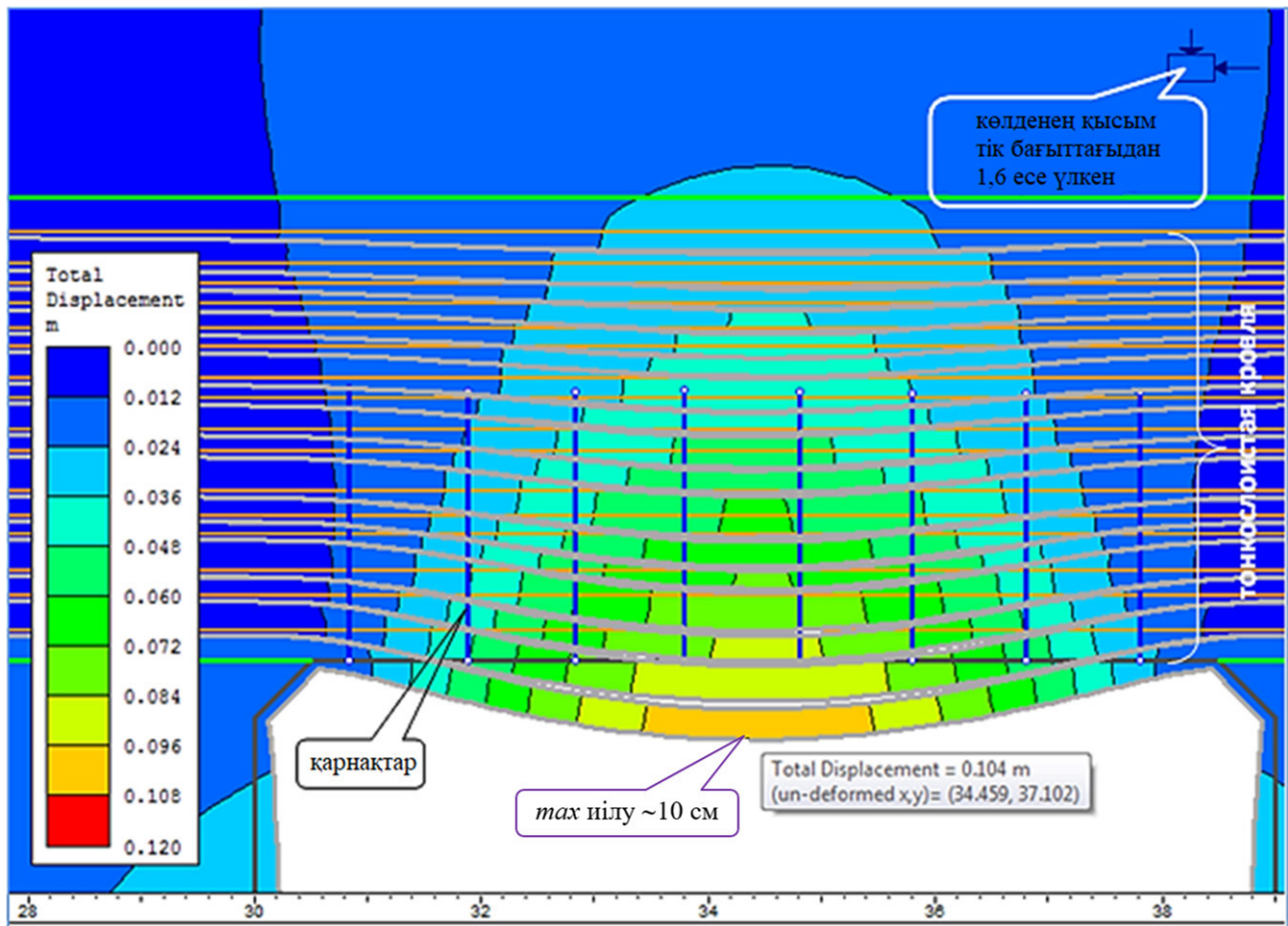
- 12 жылдық жұмыс барысында тазалау камералары мен кентіректерінің төбесіндегі тау қысымының тәжірибеде байқалған көріністерін,

- 19.11.15 жылы 67-панелде Robolt-пен қайта бекіту кезінде төбенің құлауы орын алған оқиға жағдайларын талдау нәтижелерінің негізінде, массивте тектоникалық кернеулер болған кезде, ұзындығы 2,4 м 1×1 м тормен қарнақпен бекітілген тазарту камераларының жұқа қабатты төбесінің орнықтылығын сандық модельдеу үшін жобалық схема жасалды. Модельдеу Phase 2 (RocScience, Canada) бағдарламасы арқылы жүзеге асырылды. Phase 2 бағдарламасында төбе массивінің жұқа қабатын анықтау үшін ұзартылған көлденең жарықтардың кездейсоқ орналасуы бар Discrete Fracture Network (DFN) құралы қолданылды. Блоктық модель бойынша кеншоғырдың төбесіндегі жарықтардың жиілігі (Fracture Frequency – FF) 4-1 FF=2÷10 шегінде өзгереді. Жомарт 2 кенішінде көп жағдайда жарықтар жиілігі FF=4÷5 құрайды. Бұл жарықтар араларының қашықтығына сәйкес келеді (қабаттардың қалың-

дығы)  $t = 1/FF = 0,20 \div 0,25$  м. Жарықтардың жоғары жиілігі тек тектоникалық жарықтар аймағында күтіледі. Әрі қарай есептеулер үшін жарықтар арасындағы қашықтықтың таралуының (Spacing) орташа мәні 0,2 м және өзгеру диапазоны 0,1 м-ден 0,3 м-ге дейінгі кері экспоненциалды заңға бағынады деп санаймыз [9, 10].

Модельдеу 650 м тереңдік үшін жүргізілді. Массивтің табиғи кернеу күйі гравитациялық (тік кернеулер  $\gamma H$ -ге тең), бүйір қысым коэффициенті  $\lambda = 1,6$  болады. Жұқа тақталы төбе массивінің серпімді қасиеттері  $E_m = 4,7$  ГПа деформация модулімен және Пуассон коэффициенті  $\nu = 0,2$ ; беріктік қасиеттері –  $C_m = 8,7$  МПа массивіндегі байланыс күші және ішкі үйкеліс бұрышы  $\varphi = 35^\circ$ . Ені 9 м болатын камераның төбесіндегі ығысулардың таралуы 2-суретте көрсетілген.

Аралықтың ортасында камералар төбесінің есептік майысуы 10 см-ге жетеді, бұл орын ауыстыру датчиктерінің көмегімен Э.А. Аманжолотың табиғи бақылауларының нәтижелеріне де сәйкес келеді. Сондай-ақ, модельдеу әр түрлі қабаттардың ығысуындағы айырмашылыққа байланысты төбенің ажырауын көрсетеді. Төбенің ажырауы ТАИС видеозонддың көмегімен төбеге бұрғыланған ұңғымаларда да тіркелді. Бұл фактілер есептеу нәтижелерінің іс жүзінде байқалған



2-сурет – 2,4 м тереңдікке 1x1 м қадаммен қарнақпен бекітілген, ені 9 м камераның жұқа қабатты төбесінің иілуі

тау қысымының көріністерімен ұқсастығын көрсетеді. Бұл есептелген модельдің сенімділігін көрсетеді.

3-суретте камераның төбесінде мықтылық қорының (Strength Factor) таралуын көрсетеді. Айқын көріну үшін бұзылу аймағы (мықтылық қорының 1-ден аз шамасы) ақ түспен белгіленген. Жоба бойынша 9 м өткіні бар камераларды өндіру кезінде 2,4 м тереңдікке қарнақты бекіту, жұқа қабатты төбені ұстап тұра алмайтынын көруге болады, өйткені жұқа қабаттардың бұзылуы 3,7 м тереңдікке дейін қамтиды.

Камераның аралығының төбенің орнықтылығына әсерін бағалау үшін камералардың ені 7 м болатын сандық модельдеу жүргізілді. 4-суретте ені 7 м болатын камера төбесіндегі мықтылық қорының таралуы көрсетілген. Камераның аралығын 2 м-ге азайту (9 м-ден 7 м-ге дейін) төбенің иілуін 3 есеге азайтады (3 см-ге дейін). Сондай-ақ, төбедегі қирау тереңдігі едәуір төмендейді-1,8 м дейін, яғни ұзындығы 2,4 м қарнақ бекітпесі мұндай аралықта жұқа қабатты шатырды ұстап тұра алады деген сөз.

Сандық модельдеу көрсеткендей, аралықтардың азаюы – бұл камера төбесінің орнықтылығын қамтамасыз етудің тиімді жолы, ол Жомарт кенішінің 12 жылдық тәжірибесі көрсеткендей, осы тау-кен және геологиялық жағдайларда қазу

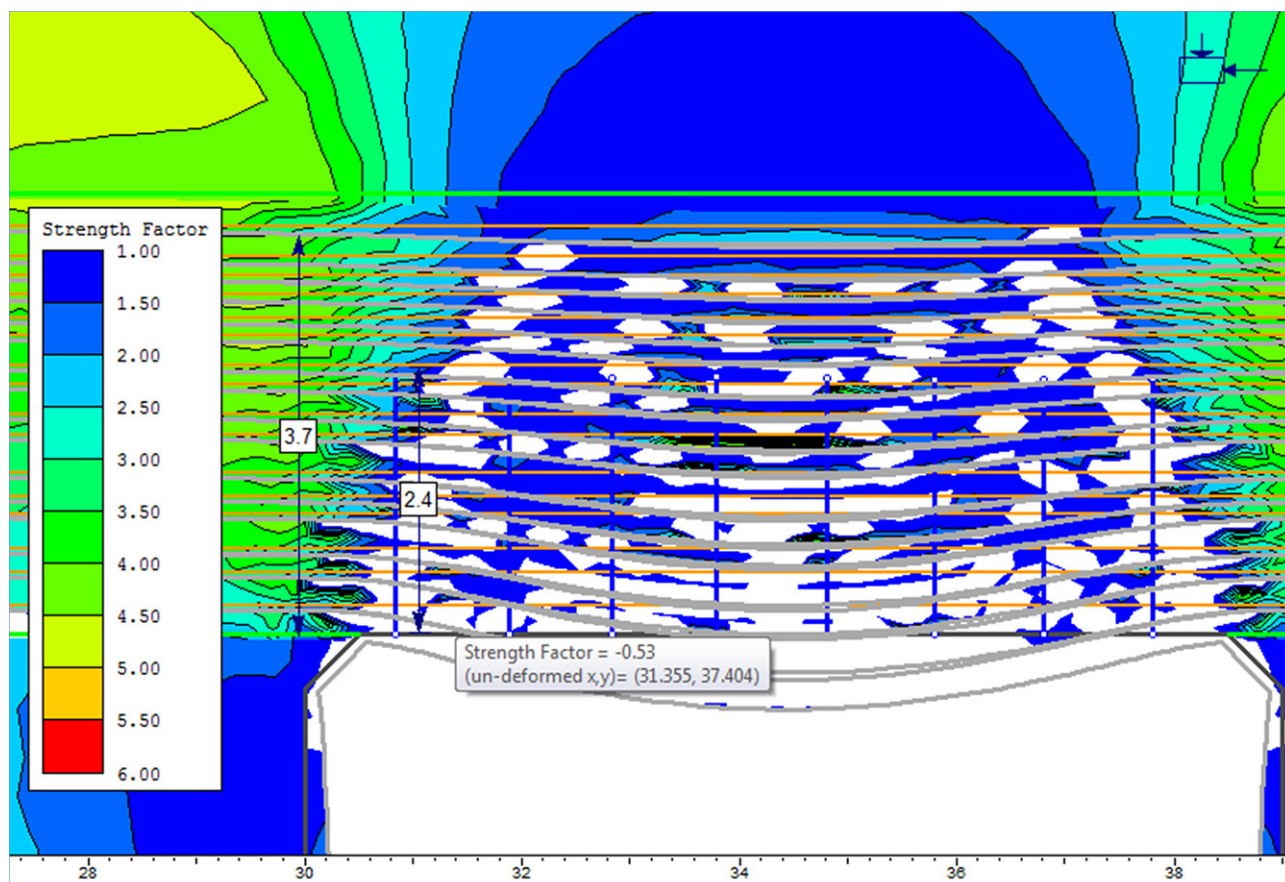
жүйесінің ең маңызды элементі болып табылады.

Егер төбенің жұқа плиталық массивінің бұзылуы көлденең тектоникалық кернеулердің әсерінен бойлық иілу (сыну) арқылы тұрақтылықты жоғалту түрінде жүрсе (1-сурет), онда шектік кернеулер Л. Эйлер [9] формуласы бойынша анықталады:

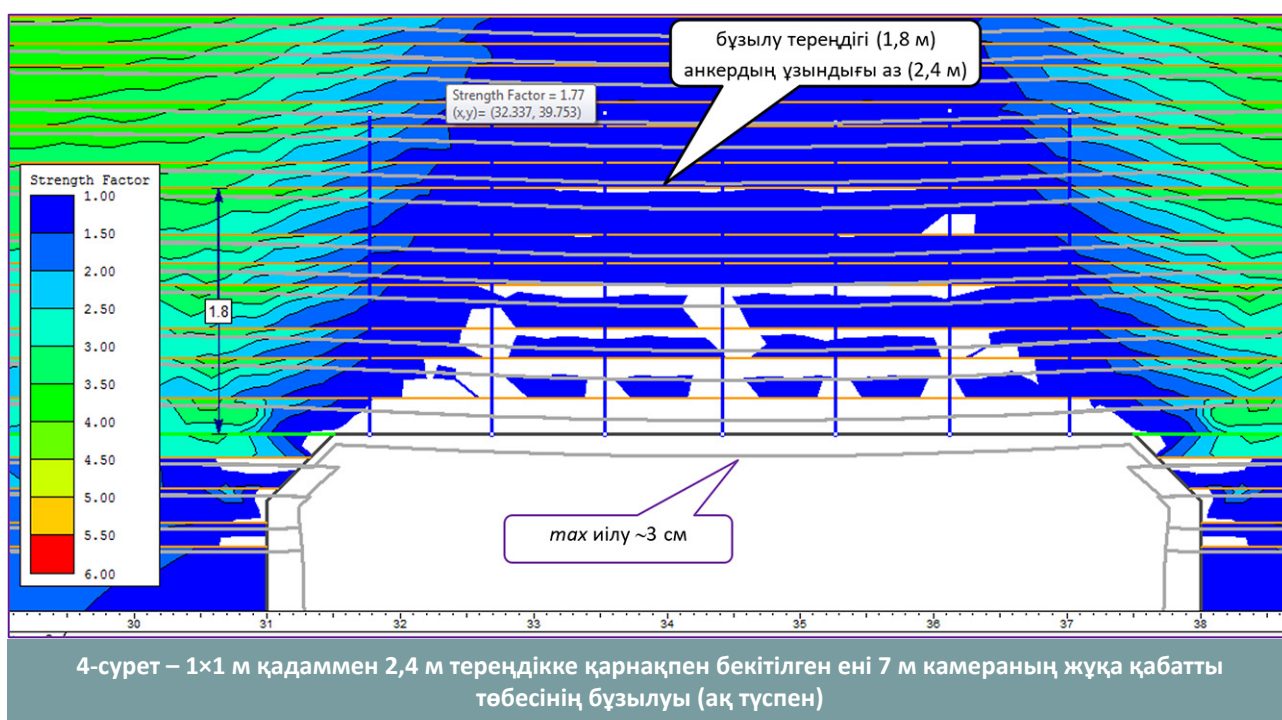
$$\sigma_1 = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \left(\frac{l}{t}\right)^2}, \quad (1)$$

мұндағы  $l$  – құрылымы жұқа тақталы төбенің ашылған аралығы (ені);  $t$  – қазбалар контурында қабыршақтанатын таужыныстар қабаттарының қалыңдығы;  $E$  – қатпарлану бойындағы таужыныстардың серпімділік модулі (изотропия жазықтығында).

Эйлер тәсілінде массивтің шекті күйлерін бағалауға беріктік қасиеттері (байланыс күші, үйкеліс бұрышы) емес, тау жыныстардың деформациялық қасиеттері (серпімділік модулі) қатысады. Алайда, бұл жағдайда негізгі рөлді ашылудың  $l$  мөлшері мен  $t$  қабаттарының қалыңдығының арақатынасы атқарады. Осы  $l/t$  қатынасы неғұрлым үлкен болса, бөлініп-ажырау басталатын кернеудің шектік деңгейі соғұрлым төмен болады, сондықтан ашылу бетінің орнықтылығы да



3-сурет – 1×1 м қадаммен 2,4 м тереңдікке қарнақпен бекітілген ені 9 м камераның жұқа қабатты төбесінің бұзылуы (ақ түспен)



төмен болады.

Эйлер тәсілін қолдана отырып, шектік аралықтарды есептеу өте қиын, өйткені камералардың төбесіндегі  $t$  қабаттарының қалыңдығын анықтау керек, ал ол кең ауқымда өзгереді екен.

/1/ формуланы қолдана отырып,  $l$  камераларының әр түрлі аралықтарында,  $\sigma_1$  шектік көлденең кернеулерді  $t$  таужынысының қабаттарының бекітілген қалыңдығын бере отырып есептеуге болады. Есептеулерде келесі мәндер қабылданды:

- төбе таужыныстарының серпімділік модулі: 40, 30, 20 ГПа;

- төбедегі таужыныс қабаттарының қалыңдығы: 5 см-ден 30 см-ге дейін 5 см қадаммен;

- тазалау камераларының ені: 6, 7, 9, 11, 13 м.

Есептеу нәтижелері 5-суретте көрсетілген.

Мысалы: егер  $E=40$  ГПа (сұр құмтас) болып, шатырдағы таужыныстардың қалыңдығы  $t=15$  см болса, онда шекті кернеулер (2-кесте).

### Нәтижелер және талқылау

Егер біз салыстыру базасы ретінде 9 м камералардың жобалық аралығын алсақ (ол үшін шекті кернеу 9,1 МПа), онда 6 м аралықта шекті кернеу 2,3 есе көп (20,5/9,1). Бұл дегеніміз, ені 6 м болатын шатырдың салыстырмалы орнықтылығы 9 м-ге қарағанда 2,3 есе көп. Егер камералардың ені 9 м (жобалық) және 13 м болатын кернеудің шекті деңгейлерін салыстырсақ (5-сурет), камераның ені 13 м болатын төбенің орнықтылығы жобалық 9 м-мен салыстырғанда 2,1 есеге төмендейтінін көруге болады (9,4/4,4).

Шекті кернеу деңгейлерін салыстырғаннан камералардың енін өзгерту кезінде төбенің орнықтылығының өзгеретіні анықталды (6-сурет). Бұл қатынас төбе таужыныстарының серпімділік

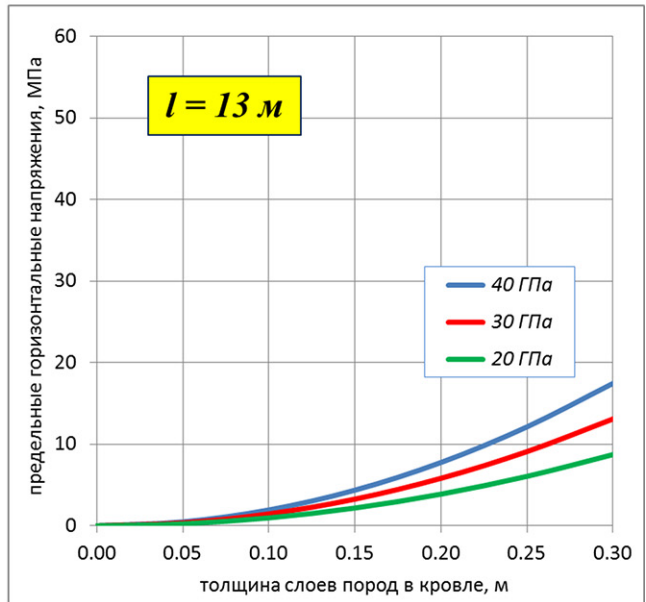
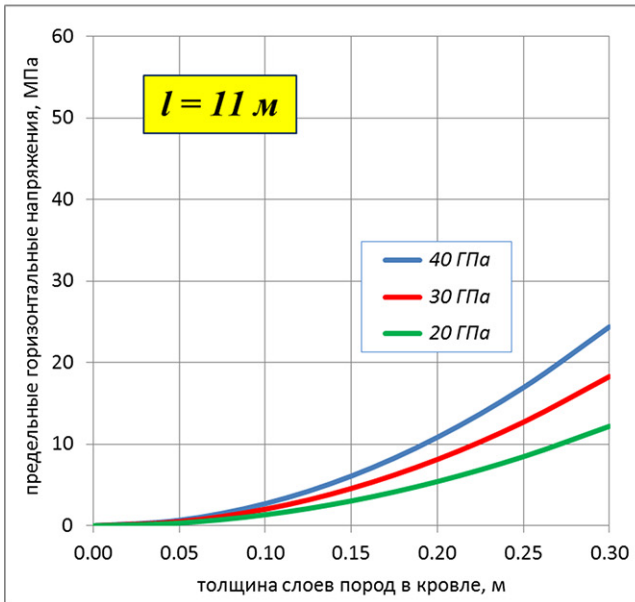
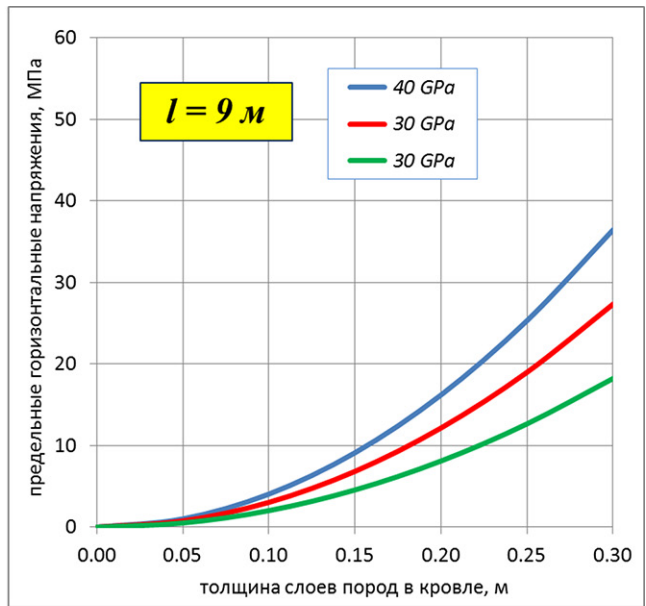
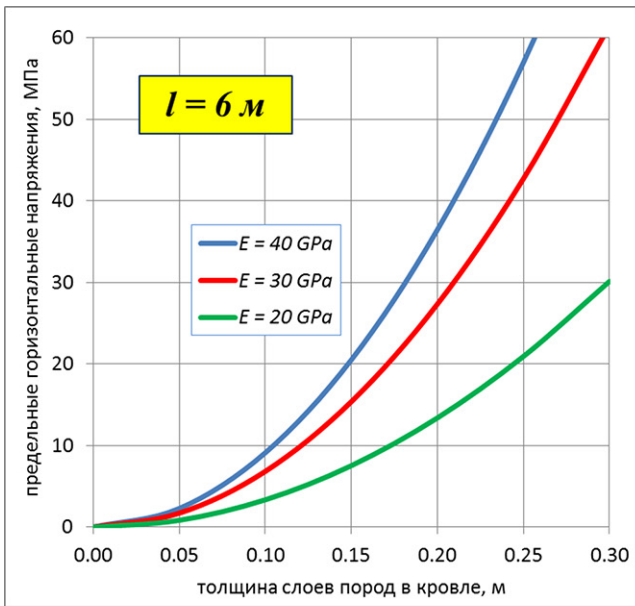
модуліне және қабаттардың қалыңдығына байланысты емес екені белгілі болды.

### Қорытынды

Камера енінің қабылданған параметрлерінің сенімділігін талдау мақсатында, қарнақпен бекітілген тазарту камераларының жұқа қабатты төбесінің орнықтылығын сандық модельдеу үшін жобалық схема жасалды. Модельдеу Phase 2 бағдарламасы арқылы жүзеге асырылды. Блоктық модель бойынша кеншоғырдың төбесіндегі жарықтардың жиілігі (Fracture Frequency – FF) 4-1 FF=2÷10 шегінде өзгергенді де, жарықтар жиілігі FF=4÷5 құрайды. Бұл жарықтар араларының қашықтығына сәйкес келеді (қабаттардың қалыңдығы)  $t=1/FF=0,20\div0,25$  м.

Модельдеу камера енінің 9 м және 7 м жағдайында жасалды. Өткінің шамасы 9 м болғанда камералар төбесінің есептік майысуы 10 см-ге, ал қабаттың бұзылуы 3,7 м-ге жетті. Камераның аралығын 2 м-ге азайтқанда (9 м-ден 7 м-ге), төбенің иілуі 3 есеге азайды (3 см-ге дейін). Сондай-ақ, төбедегі қирау тереңдігі едәуір төмендеп, 1,8 м-ді құрады.

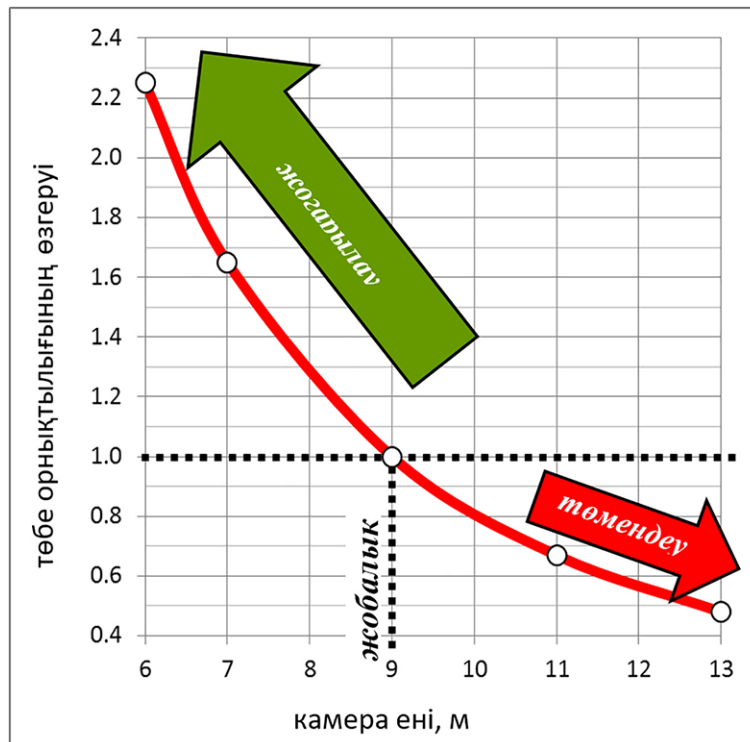
Сонымен, тазалау камераларының ені 9 м-ден 7 м-ге дейін азайған кезде шатырдың орнықтылығы 1.7 есе артады екен. Ол дегеніміз, егер камералардың жобалық аралығын азайтсақ, онда ажырау мен бұзылу жиілігін 1.7 есе азайтуға болады. Сонымен қатар, қалыңдығы 2 м-ден асатын қарнақпен бірге қирайтын таужыныстарды болдырмауға болады. Әрі қарай жобалау үшін тазарту камераларының жобалық енін 7 м деп қабылдауға болады. Осы аралықта төбенің сенімділігі камерааралық кентіректердің сенімділік деңгейіне жақындайды.



5-сурет – Камералардың ені  $l$  әртүрлі болғандағы жұқа қатпарлаған төбедегі шектік көлденең кернеулердің деңгейлері

2-кесте – Шекті кернеулер

Камера ені, м	Шекті кернеулер, МПа
6	20,5
9	9,1
11	6,1
13	4,4



6-сурет – Ені 9 м негізгімен (бұрын қабылданған жобаларда) салыстырғанда шатырдың орнықтылығының өзгеруі

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жараспаев, М.А. Результаты опытно-промышленных работ по повторной разработке на месторождении Жаман-Айбат (Республика Казахстан) // Интерактивная наука. 2017. № 11. С. 127-132.
2. Martin C.D., Maybee W.G. The strength of hard-rock pillars. – International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 37 (2000) pp. 1239-1246.
3. Hoek E, Brown ET, The Hoek-Brown failure criterion and GSI – 2018 edition, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering (2018).
4. Esterhuizen, Gabriel S. Extending empirical evidence through numerical modelling in rock engineering design. Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy 114 (2014): pp. 755-764.
5. Абилдаева Г.Б., Габдулина Ж.Х., Старостина О.В. Оценка устойчивости междукамерных целиков шахты № 65 Жезказганского месторождения // Труды университета. 2013. № 1 (50). С. 47-50.
6. Бакиров Ж.Б., Такишов А.А., Бакиров М.Ж., Михайлов В.Ф. Определение ширины целиков при камерной отработке рудного месторождения // Труды университета. 2021. № 4. С. 119-125.
7. Абеуов Е.А. Байтажигов А.Е., Зейнулин А.А., Жараспаев М.А. Обоснование допустимых пролетов кровли при камерно-столбовой системе разработки на месторождении Жаман-Айбат (Республика Казахстан) // Горный журнал Казахстана. № 5. 2019. С. 37-41.
8. Исследование смещений пород непосредственной кровли в горных выработках рудника Жомарт / Аманжолов Э.А., Еркешов А.: Отчет ГТУ Корпорации Казахмыс. Алматы, 2012.
9. Brady, V.H.D., Brown, E.T. Rock Mechanics for Underground Mining. – Kluwer Academic Publishers, New York. 2004.
10. Измерения напряженно-деформированного состояния горного массива на месторождении Жаман-Айбат // Отчет Горного института УрО РАН. Пермь, 2013.

### Геомеханическое обоснование параметров системы разработки месторождения Жаман-Айбат

<sup>1\*</sup>БАЛПАНОВА Мерей Жұмағалиевна, научный сотрудник, balpanova86@mail.ru,

<sup>2</sup>ЖАРАСПАЕВ Мадияр Аспандиярович, к.т.н., главный геомеханик, Madiyar.Zharaspaev@kazakhmys.kz,

<sup>3</sup>ЖИЕНБАЕВ Абзал Бахитович, преподаватель, Zhienbaev@list.ru,

<sup>4</sup>ТАЖИБАЕВ Данияр Кушбакалиевич, к.т.н., директор, dantaji@mail.ru,

<sup>1</sup>ТОО «Mining Research Group», Казахстан, Караганда, ул. Гончарная, 22/1,

<sup>2</sup>ТОО «Корпорация Казахмыс», Казахстан, Жезказган, ул. Металлургов, 1,

<sup>3</sup>АО «Жезказганский университет имени О.А. Байконурова», Казахстан, Жезказган, пр. Алашахана, 16,

<sup>4</sup>Проектно-исследовательский центр недропользования, Кыргызстан, Бишкек, ул. Медерова, 98,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы геомеханического обоснования допустимых пролетов кровли камер на месторождении Жаман-Айбат. Приведены фактические статистические данные и анализы при первичной и вторичной добыче запасов руды. Выбрана физическая модель процесса разрушения непосредственной кровли. Разработана расчетная схема для численного моделирования устойчивости тонкослойной кровли очистных камер. Моделирование осуществлялось с помощью программы Phase 2 (RocScience, Канада). Моделирование показывает расслоение кровли за счет разницы в смещениях разных слоев. Численное моделирование показало, что снижение пролетов – это эффективный путь обеспечения устойчивости кровли камер, которая, как показал 12-летний опыт работы рудника Жомарт, является наислабейшим элементом системы разработки в данных горно-геологических условиях.

**Ключевые слова:** система разработки, очистная камера, междуканальный целик, пролет очистной камеры, месторождение Жаман-Айбат, обрушение кровли, тектонические напряжения, моделирование устойчивости кровли, толщина слоев кровли, модуль упругости пород.

### **Geomechanical Substantiation of the Parameters of the Zhaman-Aybat Field Development System**

<sup>1</sup>\*BALPANOVA Merey, Researcher, balpanova86@mail.ru,

<sup>2</sup>ZHARASPAYEV Madiyar, Cand. of Tech. Sci., Chief Geomechanic, Madiyar.Zharaspayev@kazakhmys.kz,

<sup>3</sup>ZHIENBAYEV Abzal, Teacher, Zhienbaev@list.ru,

<sup>4</sup>TAZHIBAEV Daniyar, Cand. of Tech. Sci., Director, dantaji@mail.ru,

<sup>1</sup>Mining Research Group LLP, Kazakhstan, Karaganda, Goncharnaya Street, 22/1,

<sup>2</sup>Kazakhmys Corporation LLP, Kazakhstan, Zhezkazgan, Metallurgists Street, 1,

<sup>3</sup>JSC «Zhezkazgan Baikonurov University», Kazakhstan, Zhezkazgan, Alashakhan Avenue, 1b,

<sup>4</sup>Design and Research Center of Subsurface Use, Kyrgyzstan, Bishkek, Mederov Street, 98,

\*corresponding author.

**Abstract.** The article deals with the issues of geomechanical justification of permissible roof spans of chambers at the Zhaman-Aybat deposit. The actual statistical data and analyses for the primary and secondary extraction of ore reserves are presented. A physical model of the process of destruction of the immediate roof is selected. A calculation scheme has been developed for numerical simulation of the stability of the thin-layered roof of the treatment chambers. The simulation was carried out using the Phase 2 program (RocScience, Canada). The simulation shows the roof stratification due to the difference in the displacements of different layers. Numerical modeling has shown that reducing spans is an effective way to ensure the stability of the roof of the chambers, which, as shown by the 12-year experience of the Jomart mine, is the weakest element of the development system in these mining and geological conditions.

**Keywords:** development system, cleaning chamber, inter-chamber whole, cleaning chamber span, Zhaman-Aybat deposit, roof collapse, tectonic stresses, modeling of roof stability, thickness of roof layers, modulus of elasticity of rocks.

## REFERENCES

1. ZHaraspayev, M.A. Rezul'taty opytно-promyshlennyh rabot po povtornoj razrabotke na mestorozhdenii ZHaman-Ajbat (Respublika Kazakhstan) // Interaktivnaya nauka. 2017. No. 11. pp. 127-132.
2. Martin C.D., Maybee W.G. The strength of hard-rock pillars. – International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 37 (2000), pp. 1239-1246.
3. Hoek E., Brown E.T. The Hoek-Brown failure criterion and GSI – 2018 edition, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering (2018).
4. Esterhuizen, Gabriel S. Extending empirical evidence through numerical modelling in rock engineering design. Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy 114 (2014): pp. 755-764.
5. Abildaeva G.B., Gabdulina ZH.H., Starostina O.V. Ocenka ustojchivosti mezhdukamernyh celikov shahtы № 65 ZHezkazganskogo mestorozhdeniya // Trudy universiteta. 2013. No. 1 (50). pp. 47-50.
6. Bakirov ZH.B., Takishov A.A., Bakirov M.ZH., Mihajlov V.F. Opreделение shiriny celikov pri kamernoj otrabotke rudnogo mestorozhdeniya // Trudy universiteta. 2021. No. 4. pp. 119-125.
7. Abeuov E.A. Bajtazhikov A.E., Zejnulin A.A., ZHaraspayev M.A. Obosnovanie dopustimyh proletov krovli pri kamerno-stolbovoj sisteme razrabotki na mestorozhdenii ZHaman-Ajbat (Respublika Kazakhstan) // Gornyj zhurnal Kazahstana. No. 5. 2019. pp. 37-41.
8. Issledovanie smeshchenij porod neposredstvennoj krovli v gornyh vyrabotkah rudnika ZHомart / Amanzholov E.A., Erkeshev A.: Otchet GTU Korporacii Kazahmys. Almaty, 2012.
9. Brady, B.H.D., Brown, E.T. Rock Mechanics for Underground Mining. – Kluwer Academic Publishers, New York. 2004.
10. Izmereniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya gornogo massiva na mestorozhdenii ZHaman-Ajbat // Otchet Gornogo instituta UrO RAN. Perm', 2013.