

КЕАҚ Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті

ӘОЖ 622.023(574.3)=512.122

Қолжазба құқығында

КЫДРАШОВ АДІЛЖАН БЕКЕЖАНОВІЧ

**Тау-кен қазбаларын қазып алу жұмыстарының әсер ететін аймақтарда
бекіту параметрлерін геомеханикалық модель көмегімен негіздеу**

6D070700 – Тау-кен ісі

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алуға дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшілер
техника ғылымдарының кандидаты
Бахтыбаев Н.Б.
техника ғылымдарының кандидаты
Тажибаев Д.К.
(Бішкек)

Қазақстан Республикасы
Қарағанды, 2022

МАЗМҰНЫ

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР.....	3
КІРІСПЕ.....	4
1 КЕН ОРНЫНЫҢ ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУДІҢ ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ.....	7
1.1 Геомеханикалық модельдерге шолу мағлұмат.....	7
1.2 Жерасты қазба жұмыстарын сандық модельдеу.....	11
1.3 Құрастырушы модельдер және параметрлерді таңдау.....	19
Бөлім қорытындысы.....	29
2 ТАУ-КЕН ҚАЗБА ЖҰМЫСТАРЫН ЖҮРГІЗУДІҢ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ БЕКІТУ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ.....	31
2.1 Қарағанды көмір бассейнінің дайындық қазбаларының бекітілу жағдайын талдау.....	31
2.2 Кен орнында қолданатын әртүрлі бекітпелердің қолдану аясы мен шектеулері.....	34
2.3 «Қазақстан» шахтасында орнатылған қарнақтық бекітпелерді зерттеу	38
2.4 Түйіспе қазбасына кернеудің әсерін тау-кен технологиялық параметрлерді ескеріп сандық модельдеу.....	41
2.5 Тазартпа кеңістігінің маңындағы сілемнің кернеулі-деформациялы күйін сандық модельдеу.....	45
Бөлім қорытындысы.....	51
3 КӨМІР АЛЫНҒАН АЙМАҚТЫҢ МАҢЫНДА ӨТЕТІН ҚАЗБАЛАРҒА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	53
3.1 Геомеханикалық моделдің алгоритмін әзірлеу.....	53
3.2 Қазбалардың модельдерін тұрғызу.....	59
3.3 Геомеханикалық модельге қойылатын талаптар.....	60
3.4 Тау сілемінің модельдерін тұрғызу.....	61
3.5 Көмірі алынған алабтың желдету түйіспелеріне әсерін зерттеу.....	64
3.6 Көмірі алынған ауданға жанасып орналасқан қазбаға әсерін зерттеу	68
Бөлім бойынша қорытынды.....	76
4 ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДІ ТҰРҒЫЗУ.....	77
4.1 Модельдеуге қажет мәліметтер мен материалдар.....	77
4.2 «Қазақстан» шахтасы аймағының тау жыныстарының қысқаша геологиялық сипаттамасы және физикалық-механикалық қасиеттері.....	79
4.3 Шахта алабының геологиялық құрылымы.....	79
4.4 Шахта алабының гидрогеологиялық сипаттамасы.....	80
4.5 Көмір қабаттарының және қабырға тау жыныстарының сипаттамасы	82
4.6 Тау-кен қазбаларының геометриясын құру.....	89
Бөлім бойынша қорытынды.....	104
ҚОРЫТЫНДЫ.....	105
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	107
ҚОСЫМША А – Актілер енгізу.....	114
ҚОСЫМША Ә – Авторлық куәлік.....	116

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

ШЭӘ	– шекті элементтер әдісі
ШАӘ	– шекті айырымдық әдістер
ДЭӘәдісі	– дискреттік элементтер әдісі
ШекЭӘ	– шекаралық элементтер әдісі
ҮДА	– үзіліс деформация анализдері
Q system	– Q жүйесі (сілемнің сапа жүйесі)
RMR	– Rock Mass Rating (тау жыныстары сілемінің рейтингі)
MRMR	– Mining Rock Mass Rating (тау жыныстары сілемінің тау-кен рейтингі)
GSI	– Geological Strength Index – мықтылық геологиялық институты
NGI	– Norwegian Geotechnical Institute (Норвегия геотехникалық институты)
КДК	– кернеулі-деформациялы күйі
ӨАП	– өзара алмастырылатын профиль (СВП)

КІРІСПЕ

Жұмыстың өзектілігі.

Тау-кен дайындық жұмыстары пайдалы қазбаларды жерасты тәсілімен қазып өндіру кезіндегі тау-кен өндірісінің еңбекті және капиталды көп қажет ететін процестерінің бірі болып табылады. Жер асты көмірін өндіру кезінде оңтайлы бекіту параметрлерін таңдау ерекше маңызды. Қазіргі уақытта Қарағанды көмір бассейнінде қарнақтық және құрама бекітпелер кеңінен қолданылады. Бекітпенің танымалдығы төмен бағамен, орнатудың еңбек күшін аз қажеттілігімен түсіндіріледі. Алайда, қарнақ бекітпесінде осы бекітпелердің көлемін анықтайтын бірқатар шектеулер бар. Бекітпенің дұрыс таңдалмаған параметрлері тау-кен қазбаларын ұстауға және тіпті қайта бекітуге қосымша шығындарға әкелуі мүмкін. Осыған байланысты бекітпе параметрлерін есептеу әдістемесін жасау қажет. Қазіргі уақытта бекіту жөніндегі нормативтік құжаттарда 70-ші жылдардағы зерттеулердің нәтижелері пайдаланылады. Содан бері тау-кен жұмыстары тереңдігінің артуына байланысты өндірілген кеңістіктер жағдайында тау қысымының жер асты тау-кен қазбаларына әсері артты. Осы уақытқа дейін қазып алынған кеңістіктің әсерін $2\gamma H$ тік кернеуін енгізіп түзету коэффициенттерімен есептеді.

Есептеу техникасының дамуы, геомеханикалық модельдеудің заманауи әдістері бекітпеге күтілетін жүктемелерді болжау әдістерін жетілдіруге және бекітпенің оңтайлы параметрлерін анықтаудың сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Осыған байланысты бекітпенің параметрлерін анықтаудың сенімділігін арттыруға бағытталған жұмыс өзекті болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты қазып алынған кеңістіктің әсерін ескере отырып, тау-кен қазбаларын бекіту түрлерін және параметрлерін негіздеу.

Жұмыстың идеясы тау жыныстарының кернеулі-деформациялық күйін үш өлшемді модельдеу негізінде дайындау тау-кен қазбаларын бекіту параметрлерін ұстап тұру және бекіту түрлерін таңдауда қазып алынған кеңістіктің әсерін ескеруден тұрады

Қойылған мақсатқа жету үшін зерттеудің негізгі міндеттері:

– тау-кен-геологиялық, тау-кен техникалық факторларды ескере отырып, дайындау тау-кен қазбаларының контур маңындағы деформациялық және дезинтеграциялық процестерді зерттеу;

– көлемдік кернеулі-деформациялы кеңістікті ескеретін дайындау қазбалары мен қазып алынған кеңістік кіретін тау-кен жұмыстары аумағының үш өлшемді геомеханикалық моделін әзірлеу;

– тау-кен қазбаларын ұстап тұру түрлерін таңдау және бұрын қазып алынған тазартпа кенжардан тірек қысымын ескере отырып, бекітудің оңтайлы параметрлерін есептеу бойынша ұсыныстар әзірлеу.

Қорғауға шығарылатын диссертацияның негізгі ғылыми қағидалары:

Тау-кен қазбаларының маңайындағы тау жыныстарының ығысуы мен бекітпеге түсетін жүктемелер қазып алынған кеңістікке қатысты қазбалардың орналасуына және контур маңындағы массивтің кернеулі-деформациялы күйіне байланысты қалыптасады;

Тау-кен қазбаларына жақын геомеханикалық процестерді зерттеуге арнайы әзірленген геомеханикалық модель тау-кен қазбаларын және бекіту параметрлерін және түрлерін таңдауды бұрын қазып алынған тазартпа кенжарлардың тірек қысымының әсерін ескере отырып негіздеуге мүмкіндік береді.

Диссертациялық жұмыс нәтижелерінің ғылыми жаңалығы келесідей:

Қазып алынған кеңістіктің өлшемі мен қазып алынған кеңістікке қатысты дайындау қазбаларының орналасуына байланысты тазарту жұмыстарының әсер ету аймағындағы дайындау қазбаларының бекітпелеріне ығысулар мен жүктемелердің қалыптасу заңдылықтарын анықтау.

Бағанның шартты ортасынан екі есе шамаға ерекшеленетін әртүрлі қашықтықта бұрын пайдаланылған тазартпа кенжарға нормаль бойынша орналастырылған дайындау қазбаларының бекітпесіне жүктемені негіздеу.

Қазбалар мен қазып алынған кеңістіктің орналасуын ескеретін бекітпеге түсетін жүктемені есептейтін әдістемені әзірлеу.

Ғылыми қағидалар, тұжырымдар мен ұсынымдардың негізділігі мен деректілігі.

Ғылыми қағидалардың және зерттеу нәтижелерінің негізділігі тау жыныстары механикасы мен физикасы саласындағы қазіргі заманғы жетістіктерді пайдалану, эксперименттік деректердің жеткілікті көлемін талдау және өңдеу арқылы расталады.

Зерттеу нәтижелерінің дұрыстығы ұсынылған әдістеме бойынша орындалған есептеулермен және жергілікті бақылау нәтижелерімен сәйкестігімен расталады.

Өнеркәсіпте жұмыс нәтижелерін іске асыру

Автор әзірлеген бекітпе параметрлерін анықтау әдістемесі өндірілген кеңістіктің әсерін ескере отырып, «Қазақстан шахтасының учаскесін үш өлшемді модельдеуге арналған алгоритм мен бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу» тақырыбында ҒЗТКЖ орындау кезінде іске асырылды (Қосымша А, Ә).

Жұмыстың тәжірибелік маңыздылығы-көмір шахталары үшін әзірленген әдістеме бойынша дайындық қазбаларын бекіту түрлері мен параметрлерін негіздеу.

Автордың жеке үлесі келесідей:

- зерттеу міндеттерін қою;
- қазып алынған кеңістіктің дайындау қазбаларына жақын массивтің кернеулі-деформациялық күйіне әсер ететін заңдылықтарды зерттеу және анықтау, эксперименттік мәліметтерді өңдеу;

- қазбаның контурға жақын маңында болатын геомеханикалық процестерді зерттеу;
- бекітпеге түсетін жүктемелерді және дайындау қазбаларын бекіту параметрлерін есептеу әдістемесін әзірлеу.

Жұмыстың апробациясы.

Диссертациялық жұмыстың негізгі қағидалары «Сағынов оқулары-2020» (Қарағанды, 2020); «Сағынов оқулары – 2021» Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияларда баяндалып, талқыланды (Қарағанды, 2021)..

Жарияланымдар туралы мәліметтер. Жұмыстың зерттеу нәтижелері 7 ғылыми еңбекте жарияланды, оның ішінде Scopus базасына кіретін 3 мақала, ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған басылымдар тізбесіне кіретін журналдарда 1 мақала, халықаралық конференциялар материалдарында 2 баяндама тезисі және авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мәліметтерді енгізу туралы 1 куәлік.

Жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан және қосымшалардан тұрады. 116 бет баспа мәтінінен және 90 пайдаланылған әдебиеттерден, қосымшадан тұрады.

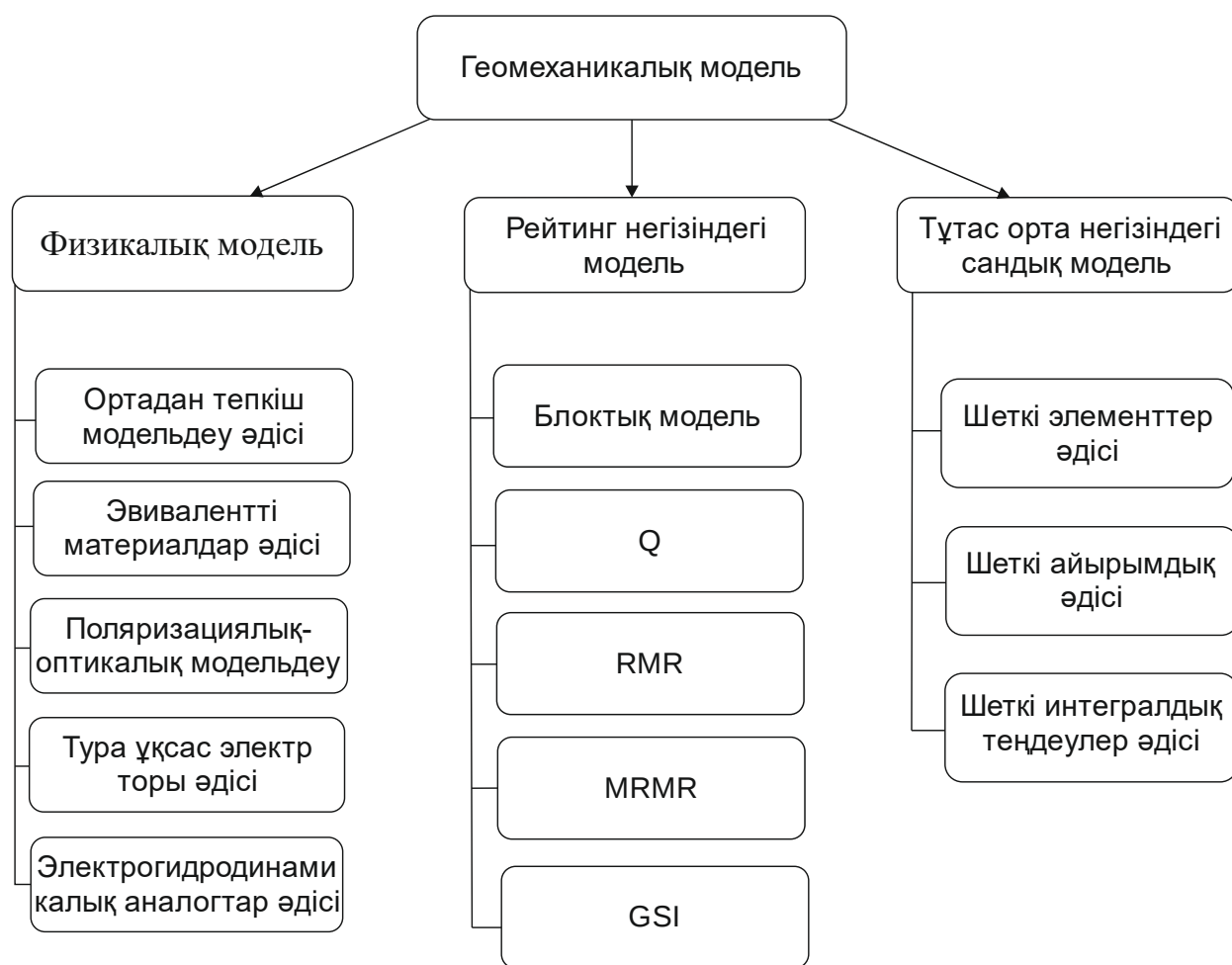
Докторант отандық және шетелдік ғылыми кеңесшілерге эксперименттер жүргізуде және диссертациялық жұмыстың әр кезеңдерін орындауда көрсеткен жәрдемі үшін алғыс білдіреді.

1 КЕН ОРНЫНЫҢ ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУДІҢ ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ

1.1 Геомеханикалық модельдерге шолу мағлұмат

Геомеханикалық модель деп - кен орындарын ашық және жерасты әдістерімен игеруге қажетті геомеханикалық есептеулерді жүргізуге мүмкіндік беретін ақпарат көзін айтамыз. Оған негізделіп жерасты тау-кен қазбаларының және карьер борттарының орнықтылығын бағалау бойынша қажетті есептеулердің барлығын орындап, негізгі әлсіз аймақтарын геомеханиктің анықтауына болады. Тәжірибе тұрғысынан қарағанда геомеханикалық модель – мамандардың кешенді жұмысының нәтижесі [1].

Қазіргі таңда қолданылатын геомеханикалық модельдерді төмендегі сызбанұсқаға сәйкес жіктеуге болады (1.1-сурет).



Сурет 1.1 – Геомеханикалық модельдердің жіктемесі

Геомеханикалық модельдің түрі тау-кен сілемін бағалау үшін қолданылатын әдістерге тәуелді болады [1, с. 52].

Геотехникалық және тау-кен мәселелерін зерттеуде физикалық және сандық модельдеу әдістері негізгі құралдарының бірі болып табылады. Соңғы он жылдықтарда компьютер технологиясының қарқынды дамуына байланысты

сандық модельдеу әдістері кешенді, сенімді және танымал бола бастады. Сандық әдістер экономикалық және уақыт үнемдеуге байланысты физикалық модельдеу әдістеріне қарағанда тиімді. Соған қарамастан, сандық әдіспен жер асты тау-кен қазбаларының маңындағы тау жынысының бұзылуын, яғни сілемнің сипатын иммитация түрінде көрсете алмаймыз. Басқа жағынан қарағанда, физикалық модельдеу күрделі тау-кен мәселелерін зерттеуде зерттеушілердің үлкен қызығушылығын тудыруда. Физикалық модельдеу құбылыстың физикасын сипаттап, зерттеуге қажетті шарттарға толығымен сәйкес болғанда ғана нәтиже алуға болады. Тау-кен мәселелерін кең ауқымды зерттеуде физикалық модельдеуді сәтті қолданулардың ғылыми практикада тәжірибе бар. Тау-кен ғылымы мен геомеханикада, физикалық модельдерде жер асты тау-кен қазбасының моделінде тау жынысының жылжуы мен жарықшақтардың пайда болу процесін зерттеушілер бақылай алады [2].

Физикалық модельдердің кемшіліктері:

- объектінің бірнеше есе кішірейтіп алынған көшірмесінің физикалық моделін тұрғызудың салыстырмалы күрделілігі;
- модельдің өзіндік қасиеттері нақты объектінің қасиеттерінің талаптарына сәйкес келмеу мүмкіндігі;
- физикалық модельді тұрғызуда көп қаражат пен еңбекті қажет етеді [2, р. 220].

Жалпы үшөлшемді геомеханикалық модельдеу процесін екі сатыға бөлуге болады: каркастық және блоктық модельдеу. Кен орнының жалпы құрылымы есебінен құрылған, бөлінген геологиялық-геомеханикалық домендерге таралатын шектеуші облысты, дискреттік учаскілерге бөлетін және модельдейтін сілемнің барлық көлемін қамтитын каркастық модельдер каркастық модельдеудің нәтижесі болып табылады. Әр блокқа нақты мәлімет көзінен алынған сандық геомеханикалық параметрлердің таралуы мен интерполяциясымен қатар, каркастық модельдеу кезінде жасалған бос блоктық модельдерге толтыруды блоктық модельдеу дейміз [1, с. 53].

Үшөлшемді геомеханикалық модельдерді тұрғызу жұмыстарының бастапқы мақсаты тау-кен қазбаларын жүргізу кезінде массивтің орнықтылығын негіздеу мен болжау үшін қолданады. Үш өлшемді модельдердің ыңғайлы жағы оның көмегімен кез-келген нүкте және бағыты бойынша кез-келген қимасын алуға болады және тау жыныстары мен сілемнің орнықтылығын үш өлшемді геомеханикалық модельдеуге болады. Үш өлшемді каркастарды тұрғызғаннан кейін орнықтылығын есептеу үшін геомеханикалық бағдарламаларда және сонымен бірге шекті элементтер әдісімен импорттайды. Қажетінше үш өлшемді геомеханикалық модельдеу жүргізіледі. Ол үшін геомеханикалық модельді арнайы бағдарламаға импорттайды [1, с. 54].

Геологиялық анизотропиясын ескере отырып, сілемнің сандық геомеханикалық сипаттамасының интерполяциясын әр блокта орындайды, каркастық модельдердің домендерін блоктық модельмен толтырады.

Нәтижесінде алынған модель барлық келесі геомеханикалық есептер мен модельдеулерде екі өлшемді және үш өлшемді түрінде қолдануға болады.

Мұндай модельдердің артықшылықтары кен орынның әртүрлі секторында тау жыныстары сілемінің күйі туралы көрнекі түрінде ұсынуға болады. Орнықтылықты үш өлшемді есептеу мүмкіншілігі мен талдау жүргізу үшін кима саны мен таңдау молдығы.

Геологиялық беріктілік индексі GSI (Geological Strength Index) Э. Хоек енгізіп және Хоек, Крайзер мен Браудендер нақты тұжырымдаған. Тау-кен сілемінің мықтылығы әртүрлі кернеу жағдайына байланысты блоктардың ығысу және жылжуға бейімділігімен қатар тау-кен сілемінің бұзылмаған блоктарының қасиеттеріне тәуелді болады. Блоктарды бір-бірінен бөлетін, жарықтар жағдайы бойынша бұзылмаған блоктарды геометриялық форма түрінде дерек көздері ретінде қарастырылады [3, 4].

Сілем жарықшақтармен бөлінген, өзара байланысты дискреттік блоктардан тұрады. Жарықшақтардың байланыс жағдайы блоктардың арасындағы байланыс бетінің қасиеті мен жарықшақ геометриясына тәуелді болады [3, с. 273].

1973 жылы Бенявский RMR геомеханикалық классификациясын ұсынды. Зерттеулер барысында алынған жаңа мәліметтерге байланысты жүйеге өзгерістер енгізіліп, RMR өзгертілген нұсқаларының бірі 1989 жылы қабылданды [4, с. 201].

Сілемдер классификациясында келесі 6 параметр қолданылады: J_{A1} – біросьтік сығуға тау жынысының беріктілігі, J_{A2} – тау жынысы сапасының көрсеткіші RQD (кern алып бұрғылау кезінде жарықшақтық мәліметтері бойынша анықталатын Дирдің орнықтылық критериясы); J_{A3} – жарықшақ арасындағы қашықтық; J_{A4} – жарықшақтық шарттары (жарықшақтық бетінің кедірбұдырлығы, толтырғыштың болуы); J_{A5} – су ағыстарының болуы; J_B – (қазба жұмыстарына қатысты) жарықшақ бағыты [5].

Q немесе NGI (Норвегия геотехникалық институтының) классификациясы - Люнд пен Лиен, Бартонмен 1974 жылы жасалды. Q индексінің сандық мәні логарифмдік шкала бойынша 0,001-ден 1000-ға дейін өзгереді және (1.1) формуламен анықталады:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_v}{SRF} \quad (1.1)$$

мұнда RQD – тау жынысының сапа моделі;

J_n – жарықшақ жүйесінің саны;

J_r – жарықшақ кедір-бұдырлығының көрсеткіші;

J_a – жарықшақ санының өзгеру көрсеткіші;

J_w – жарықшақтарда судың болуы бойынша ықшамдау факторы;

SRF – қысымның төмендеу факторы [5, р. 177].

Азаматтық құрылыс жобасындағы геомеханикалық зерттеулерге және техникалық мамандардың өзара әрекеттесу мәселелерін шешуге арналған (Бенявский, 1973) Бенявский ұсынған (Rock Mass Rating-RMR) тау жыныстары сілемінің классификация бағалау жүйесін Д.Х. Лобшир 1973 жылы дамытты. Сол уақытта Зимбабведе Хеслоп пен Лобшир жасаған жүйеге қарағанда

Бенявский тәсілі жақсырақ болып шықты. Соған қарамастан Лобшир әртүрлі тау-кен жағдайларының әсер ететіндігі туралы ескеріп ұсынған. Табиғи жағдайларда сілем рейтингісін анықтау үшін RMR концепциясы қолданды, ал басқа жағдайларда сәйкесінше түзетулер қолданды. Сондықтан MRMR жүйесі әзірленген. Әртүрлі аспектілердің маңыздылығына қатысты білінетін және уақыт өтуіне байланысты рейтингілік бағалауға өзгерістер енгізілді [6].

Есептеу техникасының дамуына орай математикалық модельдеуде дәстүрлі аналитикалық әдістермен қатар сандық әдістер кеңірек қолданылады. Инженерлік және ғылыми ортада шекті айырымдық әдісі, шектік интегралдық теңдеулер әдісі, шекті элементтер әдісі мен басқа әдістер көбірек таралған сандық әдістердің шешімі болып табылады. Геомеханиканың маңызды қолданбалы тапсырмаларын шешуде қолданылатын тиімді сандық әдістердің қатарына шекті элементтер әдісі жатады. Геомеханиканың мәселелері әртүрлі тау-кен қазбаларда орналасқан тау жынысы сілемінің кернеулі-деформациялы күйін анықтауға қатысты болып келеді [7].

Шекті элементтер әдісі 1960 жылдардың басында пайда болды. Күрделі геометриялы, сызықтық емес, гетерогенді материалдарды санайтын бірінші сандық әдіс және тұтас ортаның механикасында кернеу концентрациясының сандық шешімі ретінде сандық айырымдық әдісіне балама ретінде дамыды. Геомеханикада шекті элементтер әдісі көбірек қолдана бастады. 1970 жылдардың аяғы мен 1980 жылдардың басында Зьенкиевич пен өзге ғалымдардың еңбектерінде игерілді. Анизотропиялық, сызықтық емес және уақытқа тәуелді тау жыныстарының механикасын модельдеуде сандық әдістердің қатарында шекті элементтер әдісі бүгінге дейін қолданылып келеді.

Дифференциалды теңдеулерге шекті мәнге жуық шешім табуға сандық әдістің шекті элемент әдісі болып табылады. Шекті айырымдық элементтеріне қарағанда шекті элементтер әдісі әртүрлі қасиетке ие материалдар мен гетерогенді тау жыныстарын модельдей алады [8].

Шекті элементтер әдісі өзінің біртекті құрамына қарай бұзылмаған ортаны модельдеу үшін кеңірек қолданылады. Оның көмегімен геомеханикалық процесстерді модельдеуге болады. Берілген тау жынысының механикалық қасиеттері негізінде тау жынысы сілемінің кернеулі-деформациялы күйін есептеуге болады [8, р. 4].

Жер асты құрылысын салу кезінде және пайдалы қазбаларды өндіруде жүргізілетін қазба жұмыстарында тау-кен сілемі элементтерінің деформациясын ескеру қажет.

Қазып өндірілген тау жынысы қабаттарының ығысуы әртүрлі түрде білінетін күрделі процес:

- қабаттардың пластикалық түрінде және өзіндік салмақ әсерінен тау жынысы қабаттарының түсуі;
- тіректік қысым және қабаттарды сығу әсерінен тау жынысы қабаттарының отыруы;

– қабат жабынымен байланыстағы жыныстардың бұзылуы мен үзілуі, қабаттардың жазықтар бойынша қабатталуынан тау жыныстарының ығысуы [9].

Ығысу белсенділігі олардың опырылу, сыну және жарықшақтардың түзілуімен, жыныстардың тұтастығын бұзбайтын түрде сыртқы формаларына тәуелді болады. Кернеулі күйдің күрделі және жай шарттарында ығысу, созылу, сығылу - деформацияның негізгі түрлері. Тау-кен сілемі серпімді, серпімдіпластикалық, пластикалық күйлерде болады [9, с. 36].

Тау жынысының ығысу сипаты әртүрлі тау-кен және геологиялық факторларға байланысты анықталады, олардың маңыздылары болып: тау-жынысының физикалық-механикалық қасиеттері мен құрылымы, құлау бұрышы, қабаттың қалыңдығы мен игеру тереңдігі, қазылып-өндірілген кеңістік, игеру жүйесі, борпылдақ түзілімдердің қалыңдығы, тау жынысының сулануы. Осы аталған факторлардың әрқайсысы белгілі шарттарда ығысу формаларына немесе олардың туындауына шешуші әсер етуі мүмкін [9, с. 37].

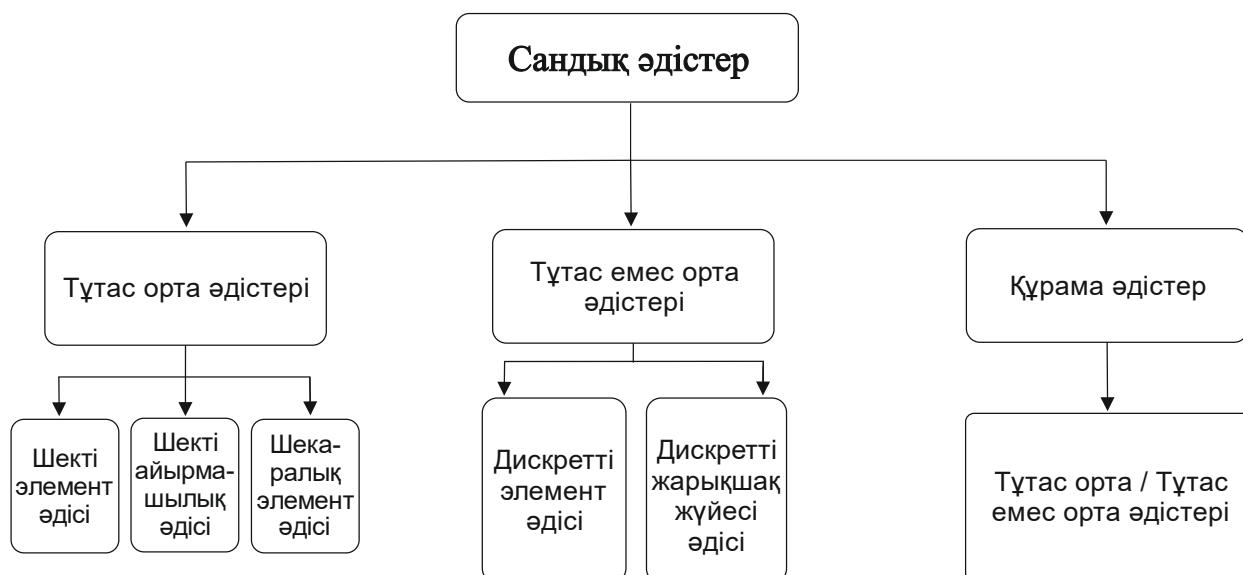
1.2 Жерасты қазба жұмыстарын сандық модельдеу

Практикалық есептердің аналитикалық шешімдерін алу қиын, сондықтан басқару теңдеулер сандық тәсілмен жуықталған тәсілмен шешіледі. Қолданудың икемділігі әр түрлі салаларда сандық әдістерді өте танымал етеді. Қазіргі уақытта бұл кеңінен таралған инженерингтің барлық салаларында қолданылады, бірақ топырақ пен тау жыныстардың күрделі болжанбайтын күрделі сипатына байланысты геотехникалық мәселелерге қолдану шектеулі болды. Бұрындары инженерлер тау жынысының құрылымын жобалауға аз көңіл бөлді, және бұның қате екенін дәлелдеді [10-12].

1960 жылдардағы Малпасет су бөгеті сияқты бірнеше апатты сәтсіздіктер кен орындарын терең игерудегі қиындықтар инженерлердің назарын геомеханикаға аударды.

Модельдеу әдістері

Кеңінен алғанда, таужыныстарына арналған есептерді модельдеу әдістерін жіктеуге болады, келесі санаттар (2-сурет) [13].



Сурет 1.2 – Геомеханикасы мәселелері үшін танымал модельдеу әдістері

Тұтас орта әдістері

Шеткі элементтер әдісі

Шеткі элементтер әдісімен барлық мәселелік домен - бір-бірімен қабаттаспайтын болып бөлінеді, түйіндер деп аталатын нүктелер арқылы бір-бірімен байланысқан аймақтардан тұрады. Әрқайсысының сипатын, тепе-теңдік шарттарын қанағаттандыратын элемент, үйлесімділік, материалды құрушы сипаты және шекаралық жағдайлар сипатталады және элементтер бірге жинақталады. Бұл инженерлік есептер үшін ең танымал әдіс, бірақ әдіс есептеуде компьютердің үлкен қуатын талап етеді. Үлкен жиынтық теңдеулерді бір мезетте бірнеше шешімдерді алу үшін сақтау керек.

Шеткі айырмашылық әдісі

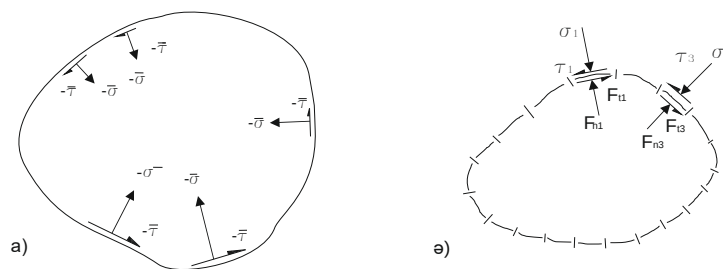
Мұнда қатты дене төртбұрыштан тұратын шеткі элементтер торға бөлінеді, бірақ шешім қабылдау схемасы басқаша.

Қозғалыс теңдеулерін пайдаланып кернеулер мен деформациялардан алынған, деформация жылдамдығы жаңа жылдамдықтардан және деформация жылдамдығынан жаңа кернеулерден алынған есептеу циклінде жаңа жылдамдықтар мен орын ауыстырулар болады. Сызықты емес модельдер жақсы шешімдердің нақты схемаларымен өңделеді [14]. Компьютер жадына қойылатын талаптар төменірек үлкен матрицаларды сақтаудың қажеті жоқ, бірақ шешім уақыты аз уақытқа байланысты көбірек болуы мүмкін сандық тұрақтылықты қамтамасыз ететін қадамдар арқылы іске асады.

Шекаралық элементтер әдісі

ШекЭӘ-де дискреттеу тек модель шекарасында жүзеге асырылады. Әдіс шекаралық беттің көлемге қатынасы төмен есептер үшін қолайлы. Барлығын ШекЭӘ-сінің тұжырымдамасын келесідей сипаттауға болады; қазба болжануда шекараға қолданылатын теріс тартқыштар қатары болуы керек 1.3-сурет, шекара қазудың беткі қабаты анықталған және әр элемент үшін жалған тарту күші бар күйдегі кернеуге тең және қарама-қарсы деп қабылданған қазба жеріне

қолданылады. Математикалық қайталану процедурасы ойдан шығарылған 17 сыртқы ығысу күштері мен қалыпты компоненттер ішкі теріс ығысу мен тарту күштеріне тең болады.



а – қазбаның әсерін білдіретін теріс тартылыстар; ә – белгісіз негативті бейнелеу үшін дискреттелген элементтерге фиктивті тартылыс күштер

Сурет 1.3 – Шекаралық элементтер күштерінің көрінісі

Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [15]

Тұтас емес ортаға арналған әдістер

Дискретті элементтер әдісі (ДЭӘ)

ДЭӘ-де әр денеде уақыт функциясы ретінде өзгертін шекаралық контактілер арқылы байланысатын тәуелсіз элементтен тұрады. ШЭӘ/ШАӘ-ден айырмашылығы, бірнеше элементтер үшін ешқандай түйіндер кездеспейді. Әдеттегі геомеханиканың қолданылуында элементтерді бұзылмаған тау сілемдеріндегі элементтер арасындағы кеңістікті қосылыс ретінде ұсынуға болады. Үлкен ығысудан, айналу, сырғудан және бөлінуден пайда болатын сызықтық емес модельдеуді шеше алады. Әдістер әсіресе үлкен ығысу болатын тау сілемдері үшін арналған. Басқаша айтқанда, егер тау жыныстарының жарықшақтығы қазбаға салыстырмалы алса осы әдісті қолдануға болады [16].

Дискреттік жарықшақтық жүйесі

Тұтас ортаға тең келетін модельді модельдеу негізінде қиын, жарықшақты тау сілеміндегі тау жынысының қозғалысы мен сұйықтың ағысын зерттеу үшін нақты келетін әдіс [17]. Бұл арнайы дискреттік модель біріккен жарықшақтық жүйесі бар жарықшақты тау сілеміндегі сұйықтың ағысы мен тасымал үрдістерін қарастырады.

Үзіліс деформация анализдері

ҮДА бұл процедураларға ұқсас және сәйкес келетін толық үзіліс талдау шешімдердің нақты схемасы бар ШЭӘ үшін әзірленген. ДЭӘ-де нақты шешім бар, ал ҮДӘ жасырын әдіс, ДЭӘ кезінде кернеулер мен күштер белгісіз, ҮДА кезінде белгісіз ығысулар белгісіз - бұл ығысуға негізделген ШЭӘ бағдарламаларына ұқсас белгісіз болып табылады [18].

Гибридті құрама модельдер

Гибридті құрама модельдер - бұл оңтайландыру үшін жоғарыда аталған әдістердің жиынтығы нәтижелер мен есептеу қуаты. ШЭӘ/ШекЭӘ, ДЭӘ/ШЭӘ сияқты, сондай-ақ ДЭӘ-ШЭӘ әр түрлі модельдеу комбинациялары әдебиеттер көрсетілген [16, р. 94]. Көмір өндірудің практикалық ортасында оларды

модельдеу ДЭӨ/ШЭӨ шынайы нәтиже бере алады. Әр әдістің өзінің компьютерлік бағдарламасы бар.

Тау-кен өндірісінде сандық модельдеу үшін қолданылатын коммерциялық пакеттер

Келесі 1.1-кестеде жер асты қазбаларын модельдеуде қолданатын танымал коммерциялық пакеттер тізімі көрсетілген.

Кесте 1.1 – Қазбаны модельдеуге арналған танымал коммерциялық пакеттер

Бағдарламаның атауы	Компаниясы	Модельдеу әдісі
FLAC 2D мен 3D	Itasca Inc. http://www.itascacg.com/	2D және 3D Шеткі айырмашылық әдісі
Plaxis 2D және 3D ABAQUS RS ² және RS ³	Plaxis bv http://www.plaxis.nl/ Dassault Systèmes http://www.3ds.com/ Rocscience Inc. http://www.rocscience.com/	2D Шеткі элементтер әдісі және 3D Шеткі элементтер әдісі
DIANA CAE Fidesys 3.0 UDEC	TNO DIANA BV www.tnodiana.com/ http://www.cae-fidesys.com/ Itasca Inc.	
3DEC	Itasca Inc.	3D Дискреттік элементтер әдісі
PFC 2D және 3D	Itasca Inc.	2D және 3D Дискреттік элементтер әдісі
Examine 2D және 3D BESOL	Rocscience Inc. Mining Stress systems	2D және 3D Шекаралық элементтер әдісі
Map3D	Mine Modelling Pty Ltd http://www.map3d.com/	3D Шекаралық элементтер әдісі
ELFEN	Rockfield Software Ltd http://www.rockfield.co.uk/	2D және 3D Шекаралық элементтер әдісі/Дискреттік элементтер әдісі

Қолайлы әдістерді таңдау

Жалпы алғанда, нақты модельді қашан қолдану керектігін анықтайтын нұсқаулар жоқ модельдің өлшемі сипаттамамен бірдей тәртіпте болғанда деп айтуға болады. Жоба өлшемі үзіліссіз модель қолайлы болып табылады. Егер өте үзіліс аз немесе жоқ болған жағдайда тұтас емес ортаның модельдері үшін неғұрлым қолайлы болады [19]. Егер блоктың өлшемі үзілістермен анықталса саңылаудан әлдеқайда кіші, оны жалған тұтас орта ретінде модельдеуге болады. Бұл модельдеу әдістерінің барлығында оқу қисығы, табысты қолдануы бар бұл модельдердің кәсіби мүмкіншілігіне байланысты. Табысты нәтижелерге қол жеткізу үшін бағдарламалық қамтамасыз етудің шектеулері мен мүмкіндіктерін білу өте қажет 1.2-кестеде баяндалған [12, р. 101].

Кесте 1.2 – Жерасты қазбаларын талдау үшін қол жетімді әдістер

Анализдер әдісі		Артықшылықтары	Шектеулері
1		2	3
Тұтас орта әдістері	Шекаралық элементтер әдісі	Тек шектеулі мөлшерде қажет параметрлер Компьютердің жұмыс уақытының төмендеуі Кернеудің Концентрацияларын жылдам бағалау қазбаларды 3D модельдеуге мүмкіндік береді	Әдетте серпімді талдаумен шектеледі (Сызықтық емес опциялар үшін онша танымал емес) Жіңішке бірнеше қабатты қабаттар модельдеу үшін қолайлы емес
	Шекаралық элементтер әдісі	Топырақ/ тау жынысын үлкен ауқымда имитациялау үшін құраушы модельдер қол жетімді. Иілімді талдау мүмкіндігі Күрделі геометриялы бірнеше қабаттар модельдеу.	Жадқа қойылатын талаптар жеткілікті жоғары және жұмыс істейтін 3D модельдер есептеу уақыты тұрғысынан қымбат Нәтижелердің сапасы тор өлшеміне, шешім схемаларына,
		Бұзылу мен опырылудың сипатының ең шыңын шынайы модельдеу Кернеудің туындау мен даму мүмкіндігінің анық шешімдер схемасы.	үйлесімділікке, шекаралық әсерлерге байланысты Деректер базасымен растау қажет Модельшінің біліктілігі қолдану мен түсіндіру үшін өте маңызды. Үзіліс тау сілеміндегі үлкен ығысуларды модельдеуге сәйкес келмейді.
	Шеткі айырмашылық әдісі	Жоғарыдағыдай Есте сақтау қабілетіне талап төменірек өйткені қаттылық матрицалары жоқ болып қалыптасады және қозғалыстың динамикалық теңдеулер схемасын қолданып шешеді. Кез келген шешім алгоритмін ешқандай өзгертулерсіз басқара алады Жоғары сызықты емес мәселелерді өңдеуге болады	Жасырын Шекаралық элементтер әдісінің шешім схемаларына қарағанда көп уақытты қажет етеді, сыни уақыт қадамдарына қарағанда сандық тұрақтылық кіші қадамдарды қажет етеді. Шектен қисықтар бар
Үзіліс әдістері	Дискретті элементтер әдісі	Жарықшақтықтың таралуын, үлкен айналымдар мен ығысуларды оңай модельдей алады Жоғары динамикалық әсерлер болу мүмкіншілігін модельдей алады Тау сілеміндегі жарықшақ-тық жүйесін қосуға болады	Негізінен біріктірілген тау жынысы үшін қолданылады Масштабты әсерлер Аспаптық құралдар арқылы тексеру маңызды

1.2-кестенің жалғасы

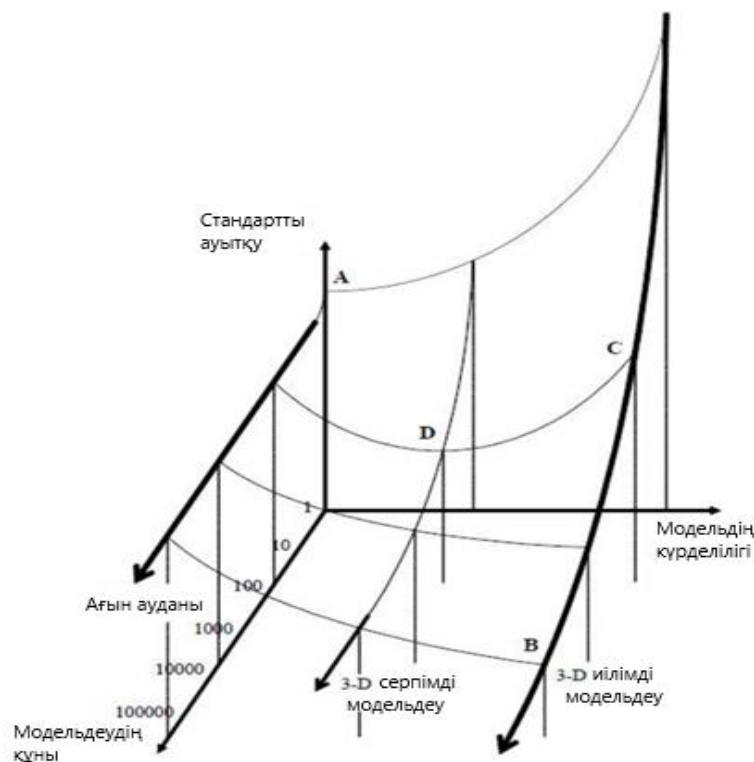
1		2	3
Гибрид әдістер		Ең жақсы Шекаралық элементтер әдісі/Шеткі айырмашылық әдісі/Дискретті элементтер әдісі модельдерінің комбинациясы	Үлкен тәжірибе қажет Жер асты суларының әсерін модельдеудің шектеулі мүмкіндігі Ұзақ жұмыс уақыты Байланыс қасиеттері мен бұзылу механикасының қасиеттері үшін қол жетімді деректердің аздығы

Модель - бұл тек шындықты имитациялау емес, шындықты ықшамдау [20].

Сандық модельдеу әдістерін қолданудың артықшылықтары (1.4-сурет).

Күрделі, қымбат, ұзақ уақытты қажет ететін физикалық модельдердің қолданудың орнына баламалы сандық әдістерді ұсынады. Қол жетімді есептеу қуатының күнде дамуының арқасында олар көбірек танымалдылыққа ие болды:

- ол күрделі есептерді шешудің жылдам және жүйелі әдістерін ұсынады;
- қол жетімді құраушы модельдердің ауқымды қолдану мүмкіндігі;
- егер компьютер көмегімен жасалса, нәтижені қайта іске қосу және оңтайландыру оңай.



Сурет 1.4 – Модельдеу әдістерінің талдау тиімділігі

Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [21]

Геомеханикада үш өлшемді модельдеудің қажеттілігі

Екі өлшемді жазықта деформацияны анализдеу тау-кен мен жер асты құрлысындағы мәселелерді көп жағдайда жуықтап шешу мүмкін емес. Себептерді былайша қорытындылауға болады 1.4-суретте көрсетілген.

Көп жағдайларда басты кернеулердің бағытын екі өлшемді жуықтау көрсету мүмкін емес.

Бірлескен жазықтықтарға нормаль екі өлшемді талдау жазықтығында жатпайды (Pande G.N., Beer G., Williams J.R.).

2D моделінде жер асты күрделі қазу кезінде кернеулер ақылға қонымды түрде талданбайды, өйткені 3D эффекттері маңызды, мысалы кентіректің жағдайы үшін (Hoek E., Brown E.T.).

Күрделі геометриядан тұратын модельдің ығысу профилін, конвергенциясын талдау тек толық 3D модельдеу көмегімен мүмкін болады [22].

Сандық модельді қолдана отырып есептер шығару әдісі.

Жалпы алғанда, сандық модель үшін қабылданған әдістемені келесідей қорытындылауға болады:

Талдаудың мақсатын анықтаңыз: - Модель тұрғызушы нақты түсінікке ие болуы керек және талдау нәтижесі қандай болуы керек екендігін жақсы білу керек.

Модельді дайындау: - бұл нақты нәрсені қарапайым түрде көрсету мүмкін, әрі геология, сонымен бірге барлық маңыздыларды егжей-тегжейлі болуын қамтамасыз ету керек.

Шешімдердің қол жетімділігін қолдану арқылы тексеру: - сенімділікті арттыру аналитикалық қарапайым модельдерді модельдеуге, іске қосуға және салыстыруға арналған құрал, шешімдер қол жетімді.

Кіріс параметрлерін және шекаралық шарттарды тағайындау: - енгізу сипаттаушы параметрлер беріледі және шекаралық шарттар тағайындалады.

Торлау: - нәзік бөлшектерді түсіру үшін қолайлы тор.

Модельді іске қосу және тексеру: - нәтижелер далалық өлшеулермен салыстырылады және далалық өлшеулеріне сәйкес келмесе, үлгіні қайта тексеру қажет.

Нәтижені интерпретациялау: - нәтижені дұрыс түсіндіру модельді құрастырушының тәжірибесі мен біліміне байланысты болады 1.5-суретте бейнеленген.

Математикалық модельдерді таңдау

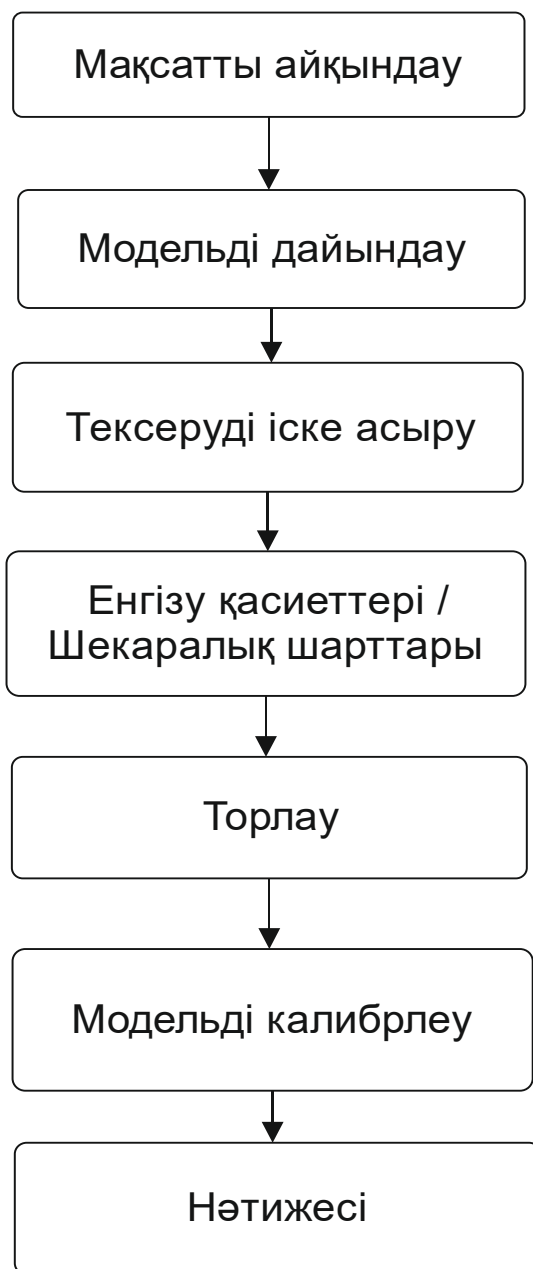
Сандық модельдеу = есептеу эксперименті келесі әрекеттер тізбегін (технологиялық тізбек) білдіреді:

– зерттелетін объектінің математикалық моделін құру (бұл модельді талдау, қойылған математикалық есептің дұрыстығын нақтылау да кіреді);

– есептеу алгоритмін құру = мәселені жуықтап шешу әдісі және оны негіздеу;

– алгоритмді компьютерде бағдарламалау және оны тексеру;

- Бастапқы есеп пен алгоритмнің анықтаушы параметрлерін өзгерту арқылы есептеулер серияларын жүргізу;
- алынған нәтижелерді талдау және интерпретациялау.



Сурет 1.5 – Сандық модельдеу процедурасы

Модельдеу схемасы осы талаптарға сай болуы керек:

- зерттелетін объектінің барлық тау-кен-геологиялық жағдайларын және оған әсер ететін факторларды барынша толық есепке алуды қамтамасыз етеді, нәтижесінде модель мазмұны жағынан табиғи ортаға барынша сәйкес келеді;
- талап етілетін дәлдікпен мәселені шешуге кепілдік беретін сенімді модель құру мүмкіндігін қамтамасыз ету;

– әдістің ұтқырлығын сақтау және модельдеу процесінде схематизация нәтижелері бойынша құрастырылған модельді түзету мүмкіндігін қамтамасыз ету;

– салыстырмалы қарапайым тәсілдермен және үнемді уақыт шеңберінде көрсетілген шешім дәлдігін сақтай отырып, модельдеулерді орындау.

Схематизацияның міндеттері болып табылады:

– негізгі және екіншіретті факторларды бөліп көрсету және елемеуі мүмкін факторларды анықтау;

– тау сілемі құрылымының ең сенімді схемасын және параметрлердің есептік мәндерін анықтау;

– мүмкіндігінше кеңістіктік жағдайды жеңілдету мен ықшамдау (жазық есеппен ауыстыру және т.б.);

– инженерлік құрылыстың әсер ету аймағын анықтау (тау-кен қазбасы және т.б.).

Математикалық (сандық) модельдеуде болуы мүмкін қателіктер:

– тандалған модельдің сәйкессіздігінен туындаған қателер;

– бастапқы сандық деректердегі ауытқуға байланысты қателер;

– қолданылатын есептеу әдісінің (бағдарламаның) қателері;

– есептеулер кезіндегі дөңгелектеу қателері.

Бұдан басқа, субъективті қателер болуы мүмкін, оларды жою үшін өзін-өзі бақылау қажет (бағалау, өлшемдерді бақылау, шектеу жағдайларын қарастыру), әсіресе есептерді шешуде жоғары моральдық немесе материалдық жауапкершілікті талап етеді [22, р. 133].

Сандық нәтижедегі қателерді талдау кезінде шешімнің сенімділігі туралы сенімсіздік пайда болған кезде, есептеулер қолмен немесе компьютерлік технологияның көмегімен жасалғанына қарамастан, кез келген маңызды зерттеудің ажырамас бөлігі болуы керек. Шешімді оның дәлдігін білмей шығарудың іс жүзінде маңызы шамалы.

1.3 Модельдер және параметрлерді таңдау

Тау жыныстарының кернеулік-деформациялық күйі - бұл ең маңызды параметр шешімнің дәлдігін анықтайды; есептеу параметрлері қаншалықты шынайы болса, соғұрлым нақты шешім болады. Барлық аспектілерді қамтитын тау жынысының қозғалыс тәртібін сипаттайтын зертханалық нәтижеге ие шынайы параметрлері бар модель тұрғызу әзірше мүмкін емес. Бірнеше коммерциялық модельдеуші бағдарламалар бар, бірақ модельді талқылаумен шектеледі. Геомеханиканың мәселелеріне жалпы қолданатын бағдарлама RS³. Өртүрлі құраушы модельдерде материалдың сипатын кернеулі - деформациялық графиктен көрінеді.

Құраушы модельдер

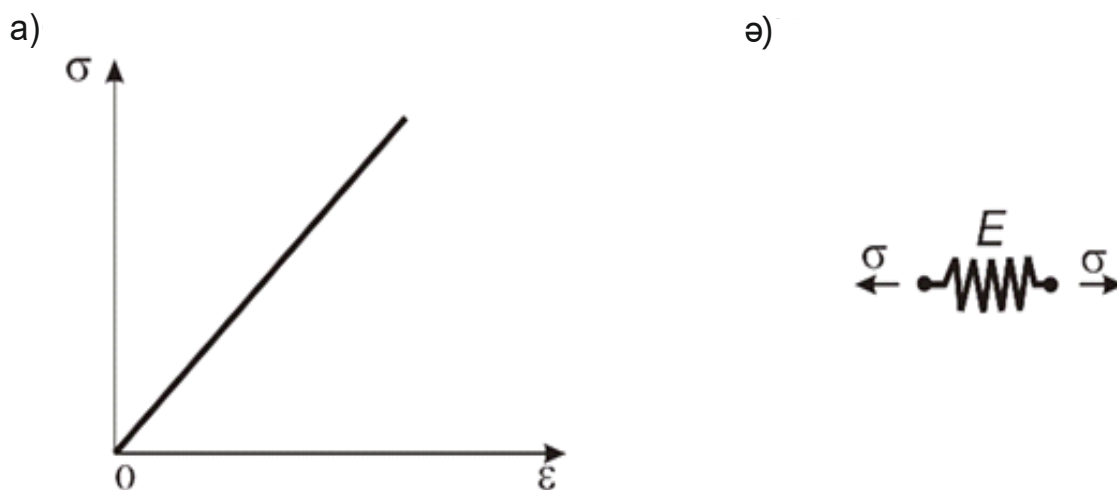
Геомеханиканың мәселелерін шешуде құраушы модельдерді кеңінен қолданады.

Сызықтық-деформацияланатын дене моделі (серпімді дене, Гук моделі)

Тау жыныстарының серпімді моделі-бұл сызықтық деформацияланатын орта, яғни кернеулер мен деформациялар сызықтық тәуелділіктермен байланысқан орта. Тау жыныстары мен бекітпелердің өзара әрекеттесуінің серпімді моделін қолданған кезде массив серпімді тұтас орта ретінде қабылданады.

$$\sigma = E\varepsilon \quad (1.2)$$

Мұндай модель қазба контуры толығымен түсірілмеген жағдайларда, бекітпенің тау жыныстарының гетерогенді массивімен өзара әрекеттесу сипаты, дөңгелек емес қиманың қазбалары массивімен өзара әрекеттесуі және т.б. зерттелген кезде қолданылады. Серпімді модельді созылған кернеулермен, қаттылықпен сипатталатын серіппе (1.6а-сурет) түрінде көрнекі түрде ұсынуға болады, ал серіппенің деформациясы E Гуктың физикалық заңына бағынады (1.6ә-сурет) [23].



Сурет 1.6 – Серпімді модель (Гук моделі)

Бұл модельдің кемшіліктері тек сызықтық сипатынан ауытқу нақты тау жыныстар үшін ғана емес, сонымен бірге ол бұзылуды және кернеуді қайта бөлуді ескермейтіндігіне байланысты. Бұзылу аймақтарының өлшемдері болмаған немесе шамалы болған жағдайда теорияны қолдану қанағаттанарлық нәтижелер береді, бұл көптеген заттай өлшемдердің деректерімен расталады. Көбінесе бұл модель тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған күйін жедел бағалау үшін қолданылады.

Қатты иілімді модель

Тау жыныстары мен бекітпелердің өзара әрекеттесуінің қатаң пластикалық моделі тау жыныстарының негізгі ығысуы олардың серпімді емес деформацияларына байланысты жылжитын тау жыныстардың өзіндік салмағының әсерінен болады деп болжайды. Ығысу аймағынан тыс массивтің серпімді деформациясы іс жүзінде қазбаға әсер етпейді, сондықтан мұнда ол қатал деп саналады. Қатты иілімді модель борпылдақ және қатты жарықшақты

жыныстар үшін өте қолайлы. Оның негізінде құлау доғасының гипотезасы, тау жыныстарының төмендейтін бағанының гипотезасы және т.б.

Иілімді деформация механизмі кейбір аудандардағы материалдың ығысуымен байланысты болғандықтан, қатты пластикалық ортаның құрылымдық схемасын үйкеліс элементі ретінде ұсынуға болады. Осы схемадан тікелей сырғанау шарты (Кулон – Мор шарты) [24].

$$\tau = K + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi \quad (1.3)$$

мұнда K – ілінісу (нормаль қысым шамасына тәуелді емес ығысу кедергісі);

σ_n – сырғанау алаңындағы нормаль кернеулер;

φ – ішкі үйкеліс бұрышы.

Серпімді иілімді модель

Қатты иілімді модельге қарағанда тау жыныстары мен бекітпелердің өзара әрекеттесуінің серпімді пластикалық моделі серпімді емес деформация аймағынан тыс тау жыныстарының серпімді деформациясын ескереді. Шекті күй (1.4), (1.5) шарттарымен анықталған белгілі бір шекке дейін модельде тек серпімді деформациялар дамиды, ал көрсетілген шекке жеткенде – иілімді деформациялар өрбиді. Мұндай модель массив тек ішкі үйкеліс пен ілінісуге, идеалды иілімділікке, сызықты және дәрежелі беріктендіруге, нақты қасиеттерге және т.б. ие болған жағдайларға арналған [24, с. 31].

$$\sigma_1 = \sigma_{сж} + \beta \sigma_3, \quad (1.4)$$

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2 = (\sigma_x + \sigma_y + 2A)^2 \sin^2 \varphi \quad (1.5)$$

Тау жыныстары мен бекітпелердің өзара әрекеттесуінің серпімдігетерогенді моделін қолдану кезінде массивтің бекітпемен өзара әрекеттесу процесінде тау жыныстарының бұзылуы мен тау жыныстарының қасиеттерінің өзгеруі ескеріледі. Бұл жағдайда бұзылу аймағындағы тау жынысы өте жақсы борпылдақ орта ретінде қабылданады немесе кейбір ілінісуге ие болады. Тау жыныстарының беріктігінің төмендеуі ішкі үйкелістің тұрақты бұрышында ілінісудің төмендеуіне байланысты болады және беріктікті төмендету функциясын көлемдік деформациямен немесе максималды ығысумен байланыстырады деп есептей отырып, тау жыныстарының шекті күйінің жағдайын келесі түрде ұсынуға болады [24, с. 32].

$$\sigma_1 - \sigma_3 - (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi - 2f(\varepsilon_v)K \cos \varphi = 0, \quad (1.6)$$

мұнда $f(\varepsilon_v)$ – тәжірибелер негізінде қабылданған тау жыныстарының беріктігін төмендету функциясы.

Серпімді тұтқыр модель

Тау жыныстары мен бекітпелердің өзара әрекеттесуінің серпімді моделі реологиялық факторлардың әсерін ескереді, ал тау жыныстарының массиві сырғитын ортамен модельденеді. Бұл жағдайда мұралық сырғу теориясы, қатаю теориясы, ағым теориясы және қартаю теориясы қолданылады. Бекітпе қатты, серпімді немесе сырғу қасиетіне ие болуы мүмкін. Ең көп таралған тау жыныстарының мұралық сырғу теориясы.

Тұтқыр иілімді модель

Серпімді иілімді модельге жақын тау жыныстары мен бекітпелердің өзара әрекеттесуінің тұтқыр иілімді моделін қолданған кезде тау жыныстарының ығысуға шекті кедергісінің жанама кернеулеріне жеткенде, тау жыныстарының деформациясын тұтқыр сұйықтықтың қозғалыс теңдеулерімен сипаттауға болады деп болжанады. Тұтқыр иілімді модель тау жыныстарын қазбаға шығару мәселесін, тау жыныстарының бағанасын қазбадан түсіру мәселесін, дайындық қазбаларындағы тау жыныстарының ығысуын болжау мәселелерін шешуде қолданылады [24, с. 33].

Жоғарыда аталған модель уақыт өте келе серпімді және пластикалық деформациялардың дамуын ескереді, сондықтан модельдің құрылымдық схемасы элементтердің үш түрін қамтиды: серпімді, пластикалық және тұтқыр.

Көріп отырғаныңыздай, қазіргі уақытта әртүрлі модельдер жасалды. Көбінесе серпімді модель массивтің сипаты мен кернеулі-деформацияланған күйін модельдеу үшін қолданылады.

Қатты дененің деформациялауына серпімді модельді қолданғанда серпімді симметрия жағдайларын (изотропия) келесі түрлерге бөліп қарастырамыз:

Алынған (таңдалған) математикалық модельді (теңдеулер жүйесін) шешу үшін есептің есептеу схемасы қажет, онда шекаралық шарттар сол немесе басқа түрде қойылады:

Бірінші шекаралық есеп. Тепе-теңдік күйдегі серпімді дене ішіндегі кернеулер мен орын ауыстыруларды анықтау, егер күштердің бетке таралуы белгілі болса.

Екінші шекаралық есеп. Тепе-теңдік күйдегі серпімді дене ішіндегі кернеулер мен орын ауыстыруларды анықтау, егер беттік нүктелердің орын ауыстырулары белгілі болса.

Маңызды мәселе – күш теориясын таңдау. Қолданыстағы күш теорияларының ішінде дамудың үш негізгі бағытын бөліп көрсетуге болады:

- эксперименттік-феноменологиялық, мұнда негізгі назар нақты материалдардың сыртқы жүктеме кезінде және бұзылу кезіндегі әрекетін эксперименталды зерттеуге аударылады;

- процестер физикасына кірмей-ақ олардың тұтқыр серпімділігін, иілімділігін, сусымалылығын және реологиялық сипатын ескере отырып, үздіксіз орталардың беріктік критерийлерін зерттеуге арналған жалпыланған математикалық модельдерге негізделген есептеу-аналитикалық;

- құрылымдық-физикалық, мұнда жүктеме кезіндегі материалдағы құрылымдық өзгерістердің заңдылықтары қарастырылады, мысалы, дислокация

механизмдері, кристалдық тордағы субмикроскопиялық бұзылулар және олардың бұзылуына әкелетін жүктемеден туындаған өзгеруі.

Материалдардың пластикалық әрекетін сипаттауға математикалық тәсілдер басым болатын екінші бағыттың ішінде мынаны бөліп көрсетуге болады:

- толық деформация мен кернеулер арасындағы байланысты зерттеуге негізделген пластиканың деформациялық теориялары;

- кернеулер мен деформация өсімдері арасындағы қатынасқа негізделген ағын теориясы;

- идеал пластикалық материалдар теориясы, идеалды пластикалық заң қабылданған кезде (қатайтусыз).

Классикалық беріктік теориялары.

Максималды қалыпты кернеулер теориясы (Г. Галилей).

Максималды салыстырмалы сызықтық деформациялар теориясы (Э. Мариотт).

Максималды жанасу кернеуінің теориясы (Ш. Кулон, Х.Треска).

Беріктіктің энергетикалық теориясы (Э. Бельтрами, М. Губер).

Беріктіктің қазіргі теориялары.

О. Мордың беріктік теориясы.

"Жалпыланған" беріктік критерийлері.

Критерий Кіші М.М. Протодьяконовтың беріктік критериясы (МЕСТ).

З.Т. Бенявскийдің беріктік критериясы.

Хоек-Браунның беріктік критериясы.

Серпімді модель.

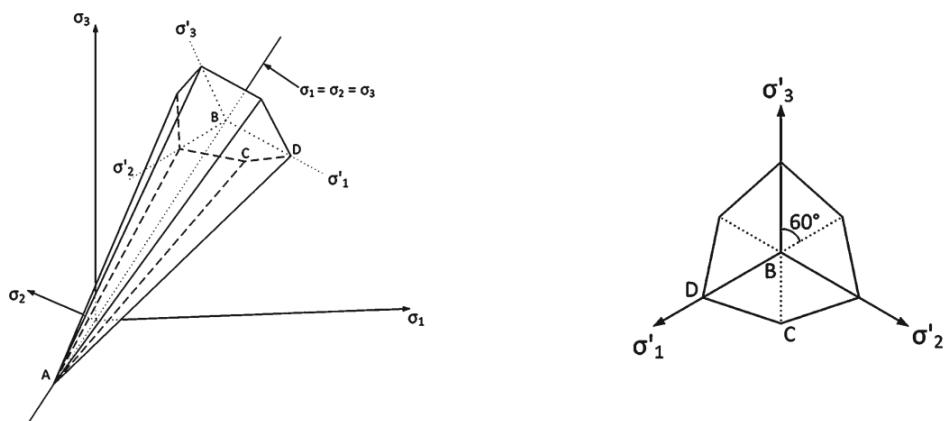
Серпімділік моделі - Гуктың серпімділік заңына негізделген. Екі негізгі Юнг модулі мен Пуассон коэффициенті параметрлерін қамтитын өте қарапайым модель.

Жазықтықта опырылу мен бұзылу жоқ, бұл дегеніміз жүктеме артқанда кернеулер мен деформациялардың ұлғаюымен шексіз өсетінін білдіреді. Егер бұзылу параметрлері берілсе, Rosscience бағдарламалық пакеттерінде бұл шамадан тыс кернеу дәрежесін (беріктік коэффициенті) есептеуге мүмкіндік береді. Бұл әдіс қарапайым болғанымен тау-кен инженериясында өте танымал, өйткені қатты жыныстар серпімді әрекет ететін кернеулер үшін құрылыс пен таукен өндірісінде қолданылады [25, 26]. Ол үшін күрделі модельдерді тұрғызудың қажеттілігі туралы инженер алдын ала ойланып шешім қабылдайды. Серпімдіиілімді модельдер үшін серпімді сипаттағы модельдердің бір бөлігін құрайды [27].

Мор-Кулон моделі-сызықтық серпімді-иілімділік модель (1.8-сурет).

Мор-Кулон пластикалық негіздегі бұзылу критерийіне сызықтық серпімді Гук заңын бағыттап осы модель жасақталды [28]. Бұл модель топырақ пен тау жынысының қозғалыс тәртібін бірізділікпен ықшамдап береді. Серпімді аймақтағы деформацияларды болжауға Гук заңын пайдаланғасын бұзылудан соң алынған мәндер шынайы, әрі сенімді болады. Әрқашан МК моделі белгілі бір кеңейту бұрышы бар байланыссыз ағын ережесімен қолданылуы керек [29].

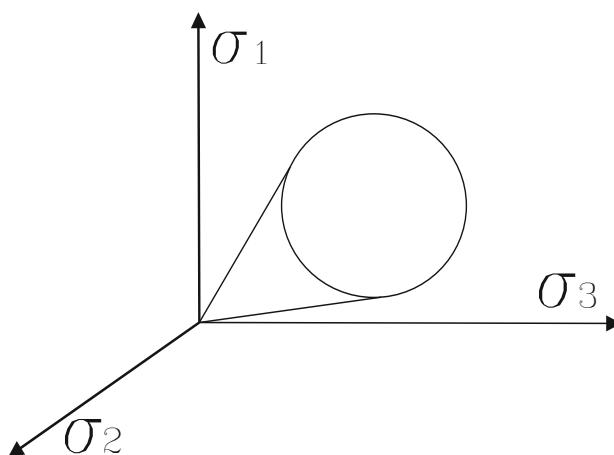
Тағы бір кемшілігі - осьтік деформацияның ұлғаюымен көлемдік деформацияның шексіз өсуі шындыққа жанаспайды.



Сурет 1.8 – Ілінісусіз материалдың басты кернеулердің кеңістігіндегі бірігу бетінің пішіні-Мор-Кулон моделі

Друкер Прагер моделі

Бұл модель – тек қарапайымдандырылған Мор-Кулон моделі, тік үлкен бұрышы бар Мор-Кулон моделі компьютердің кодымен есептеу күшін кеңінен қолданады (Пластикалық потенциалдық функциялар мен кірістілік функциялары бұрыштарда бірегей анықталмаған). Бұл Друкер Прагер анализін пайдаланда сигма 2-ге тәуелсіз талдауға айтарлықтай әсер етеді (1.9-сурет) [30].

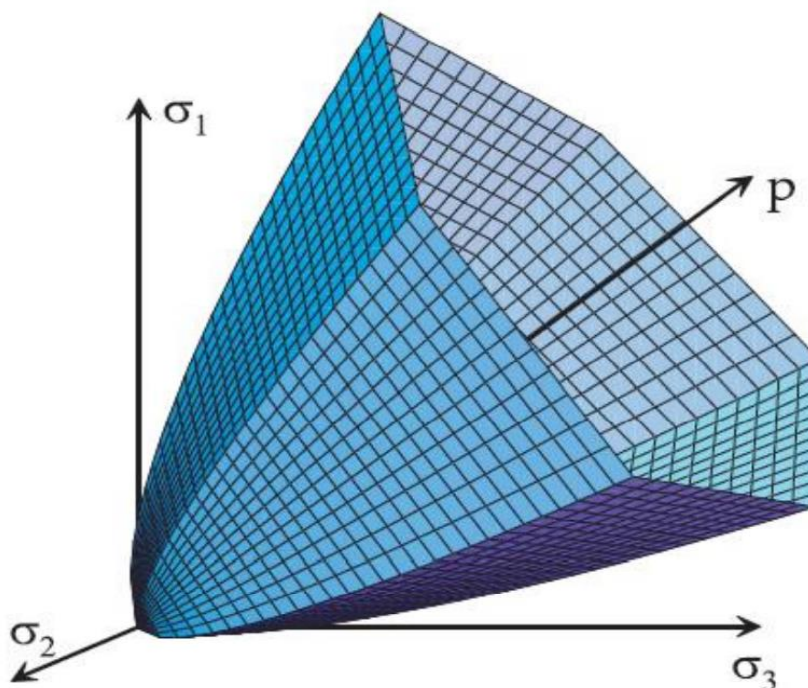


Сурет 1.9 – Друкер-Прагер моделі

Хоек-Браун моделі (1.10-сурет)

Мор-Кулон критериясы секілді Хоек-Браунда да серпімді аймақтағы кернеулерге болжам жасау үшін Гук заңын қолданады, бірақ Хоек-Браунның тау жынысының бұзылу критериясында эмпирикалық жолмен есептеген жөн. Тау жыныстарының ығысу беріктілігінің қаттылығына тәуелділігі жоғары болғанда [31], осылайша сызықтық бұзылу қисығын ұсынған Мор-Кулон

моделі тау сілемін модельдеуге келмейді. Одан басқа тау жыныстарының созылуға беріктілігінің шамасы көп болғанда Хоек-Браунның бұзылу критериясы болжауға қолайлы болады.



Сурет 1.10 – Хоек-Браун моделі

Серпімділіктен иілімділікке өтудегі қозғалыс тәртібі мен сипаты

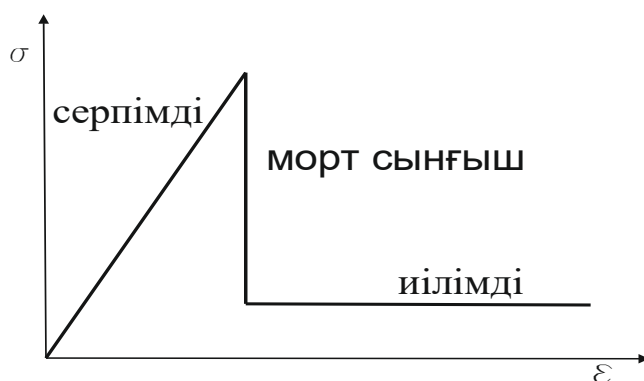
Тау жынысының бұзылу сипаты мен оған дейін болатын қозғалыс тәртібін жоғарыда айтқан модельдер түсіндіреді, бірақ одан кейін тау жынысының бұзылудан кейінгі күйін талдау үшін жоғарыда аталған құраушы модельдерде айтылды. Хоек-Браун эмпирикалық формуласының бірнеше кемшіліктері, оларды қосымша коэффициенттермен немесе басқа эмпирикалық түзетулермен түзету мүмкін емес. Ең алдымен, оларға мыналарды жатқызуға болады:

- сығымдауға беріктігі мен m параметрінің бекітілген мәні кезінде тау жынысы неғұрлым күшті болса, оның созылу күші соғұрлым аз болады, бұл материалды бұзудың физикалық принциптеріне қайшы келеді;
- Хоек-Браун критериясынан бір осьті созылуға беріктігін алу мүмкін емес, ал материал көлемді көп компонентті созылу жағдайында әрдайым бұзылады;
- Хоек-Браун критериясында $m=1$ деп қабылдау мүмкін емес, бұл жағдайға тең $\sigma_c = \sigma_p$ ішкі үйкеліс бұрышы бар идеалды пластикалық материалда орындалуы мүмкін және беріктік паспорты O . Мор диаграммасындағы нормальды кернеулер осіне параллель болатын пластикалық материалдар үшін беріктік жағдайын дұрыс сипаттай алмайды;

– осы критерия бойынша және О. Мор диаграммасының ең үлкен кернеу шеңберлерінің тік сызықты айналмалы тамаша үйлесімді денені білдіретін Кулон беріктігінің маңызды критериясы қол жетімді емес [32].

Серпімді мортсынғыш иілімді модель

Тайыз тау сілемдерінің құрылымы мен іргетасының бұзылуын жарықшақтар мен саңылаулар реттейді, ал тереңірек тау сілемінде бірінші жергілікті кернеулер басқарады. Тау жыныстарының морт сынып бұзылуын қалдық (m_r және S_r) коэффициенттерге өте төмен мәндер беріп модельдеуге болады. Бұндай тәсілмен алған нәтижелерді далалық өлшеулермен салыстырғанда ақылға қонымды болды [33]. Қалдық үйкеліс пен ілінісу параметрлері үшін өте төменгі мәндерді беру жолымен Хоек-Браун моделінде немесе Мор-Кулон моделінде жүзеге асыруға болады (1.11-сурет).



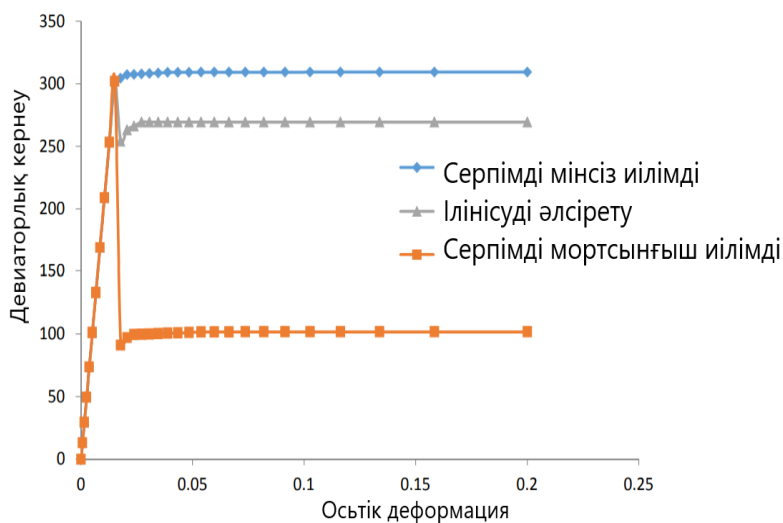
Сурет 1.11 – Мортсынғыш массивті тау жынысының серпімді мортсынғыш иілімді қозғалыс тәртібі

Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [31, р. 268]

Ілінісуді әлсірету моделі

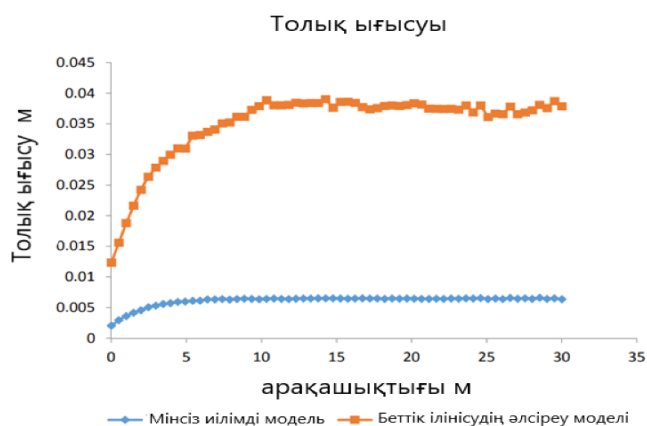
Хаджабдолмажид пен басқалардың [34] зерттеулерінде көрсеткеніндей мортсынғыш тау жыныстары үшін тау жыныстарының ілінісуі мен үйкеліске беріктілігі бір уақытта білінбейді, өйткені бұзылыстан кейінгі кезеңде ілінісу беріктілігінің айтарлықтай мәнінен айырылады. Жоғарыдағы зерттеуге ұқсас Уильсон [35] жылы төменгі қалдық ілінісуге беріктілігін сақтау үшін қалдық үйкелістің мәнін қалдыру арқылы жүзеге асады. Мор-Кулон моделінде қалдық ілінісу беріктілігін төмен мәндерге реттеп, үйкелістің мәндерін бірдей қалдыруға болады. Серпімділіктен иілімділікке өткен кезеңде көмір қабаттарының қозғалыс қабаттарының қозғалыс тәртібін болжау үшін модель қабылданған [12, р. 101]. Бұрын айтқанымдай бір модельде тау жынысы қозғалысының барлығын тіркеу қажет емес, имитациядан гөрі шынайы үрдісті ықшамдаған модель. Мысалы, тек қана қарапайым серпімділік заңы терең жерасты қазбасындағы күйді болжауға қауқарлы болады. Бірнеше авторлар ықшамдалған модельмен жұмыс бастаудың маңыздылығы жоғары деп, одан кейін қажет екендігін баса айтты [36]. Ұсынылған графикте Мор-Кулон модельді қолданып RS^3 бағдарламасымен үш осьті модель жасалынып, әр

модельде қолданған кернеулі-деформациялы күйінің нәтижесін 1.12-суретте (графикте) көрсеткен. Жоғарыда аталған үш модель үшін нәтижелері көрсетілген.



Сурет 1.12 – Мор-Кулон модельді қолданып RS^3 бағдарламасымен үш осьті модельдеу

Нақты туннель мәселесінде ілінісудің әлсіреу моделіне қарағанда мінсіз иілімділік моделін бойлық ығысудың қалай өзгертетінін зерттеуге қолданса болады. Ілінісудің әлсіреу моделіне қарағанда мінсіз иілімді моделінен алынған ығысу профильдері бірнеше есе төменірек, көмір шақтыларындағы қозғалыс тәртібін шынайы ұсынуға болады (1713-сурет) [37].



Сурет 1.13 – Ілінісудің әлсіреу моделі мен Сызықтық серпімді мінсіз иілімді моделінде модельдеген туннельдің бойлық ығысу моделінің профилін салыстыру

Параметрді таңдау

Компьютерлік бағдарламаға енгізу параметрлерін салып, есептің шешімін аламыз. Зертханалық деректерді модельге қолдансақ көбінесе шынайы емес нәтижеге қолжеткіземіз, өйткені дерек бұзылмаған керннің параметрлерін

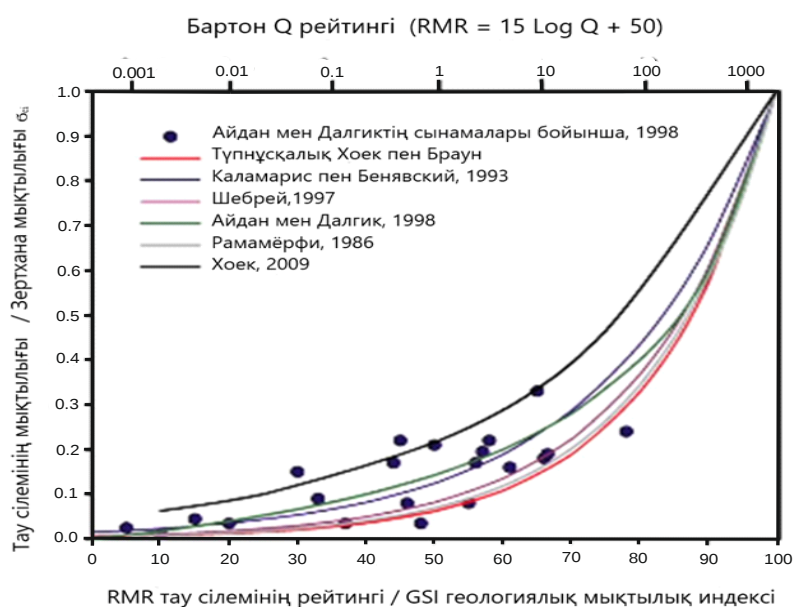
пайдаланған. Жергілікті жерде сынақ жүргізу үлкен қаражат пен уақытты талап етеді. Материалдың қасиетін өзгертуге болады, бірақ жергілікті жердегі сынақтарда геологиясын өзгерту мүмкін емес. Тау сілемі моделінің параметрлерін көрсету үшін таңдап көрсетудің бірнеше амалдары бар.

Зертханалық сынақ мәліметтерін масштабтау

Зертханада керннің бұзылуына алып келетін кернеу керн ұзындығының еніне қатынасына тең болады [38]. Алынған тау жынысының үлгісі ұзын болған сайын тез бұзылады, өйткені әлсіз жазықтығы артады. Ұлыбританиядағы көмір шақтыларының ортасын зерттеуші Уильсонның еңбектерін негізге алып, зертханалық деректердің негізінде көрсететін мәндерді анықтауда масштабтау коэффициенттерін ұсынды. Әдеттегі параметрлерді Біріккен Королдігінің көмір кендерін модельдеуде Мейердің қолданғандығын табуға болады [26, р. 384].

GSI негізіндегі Хок Браун формуласы

Тау жынысының қозғалыс тәртібін сипаттайтын өте танымал бұзылу критериясы - Хок Браун критериясы [31, р. 268]. Бұл эмпирикалық критерия бұзылмаған тау жынысының қасиеттерінен басталады, одан кейін тау сілемін сипаттау үшін олардың қасиеттерін төмендету үшін факторлар енгізіледі. Зертханалық мәндерді далалық мәндерге төмендететін Хок-Браун критериясының ең маңызды компоненттері m_i (материал константысы) және B_{ci} (бұзылмаған керннің сығуға беріктігі) қолданады [39]. Геологтардың ұжымдық тәжірибесінің арқасында бұл эмпирикалық жүйе көп жылдар бойы дамыды. RockLab – Хок Браунның формуласына негізделген тегін, әрі қолжетімді бағдарлама [31, р. 270]. Төрт енгізу параметрлерін енгізіп далалық параметрлерді аламыз. 1.4-суретте ықшамдалған бірсызты сығу беріктілігіне негізделген RMR, GSI және Q рейтингісін қолдануға болады [40].

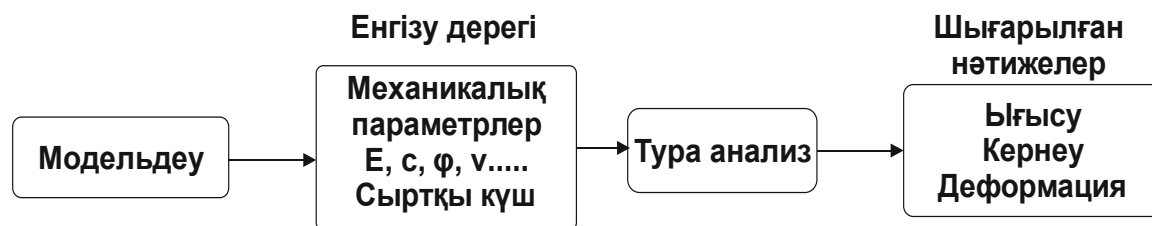


Сурет 1.14 – Тау сілемінің беріктілігін зертханалық беріктілік нәтижесі-мен салыстыра бағалау

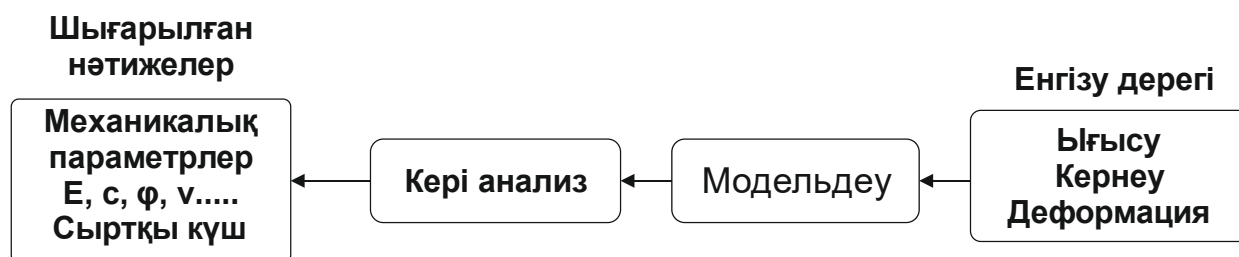
Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [40]

Кернеу деформация қатынасына кері анализдер

1. Тура анализ



2. Кері анализ



Сурет 1.15 – Тура және кері анализдер

Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [41]

Геотехникалық мәселелер үшін параметрді анықтау қарапайым тапсырма емес, көбінесе ұсынылған параметрлер нақты далалық жағдайға сәйкес келе бермейді. Кері анализ - алдағы есептеулерге қолданатын модель параметрлерін бағалау үшін далалық өлшеулерді анализдеу процедурасы болып табылады. Бұл 1.15-суретте Сакурай концепциясы бойынша нәтижелерді кері анализдеп модельдеу кезінде жіберген қателіктерді түзеу үшін параметрлерді анықтаймыз. Жобаны тиімділеу мен модельдеу үшін дұрыс нәтижеге қол жеткізіп тексеру үшін тау-кен саласындағы модельдеуде процедураны кеңінен қолданады. Модельдеудің бұндай бақылау тәсілін алғаш рет Терзаги айтқан болатын [42].

Бөлім қорытындысы

Геомеханикада жиі қолданатын көптеген модельдердің мәселелері қарастырылады. Шешімнің дәлдігін анықтау үшін қолданыстағы моделдің негізгі тәртібі мен сипатын жақсы түсіну керек. Ілінісуді әлсірету моделі мен Мінсіз иілімділік модельдерін қолданған ығысуларды модельдеудегі айырмашылықтарын 1.13-суреттен көруге болады. Зертханалық мәліметтерді кішірейтетін, шынайы тау сілемінің параметрлеріне сәйкестендіретін параметрлерді айқындалды.

Бір-бірімен түйіндік нүктелер арқылы қосылатын көптеген элементтерден тұратын дискреттік серпімді орта мен тұтас ортаны ұсыну үшін негізінде шекті элементтер әдісін қолданады.

Эмпирикалық тәсілдермен массивтің деформациялық сипаттамасы мен беріктілігінің көрсеткіштерін сапалы негізде алу үшін кең мүмкіндік бергенімен, тәжірибеге сүйене отырып тек қана шектелген консервативті бағалау жүргізуге мүмкіндік болады.

Бүгінгі күнде әлемдік практикада пайдалы кен орындарын қазып өндіруді жобалауда игерілген эмпирикалық тәуелділіктерді қолдану кең өріс алған. Бірақ қолданылып жүрген эмпирикалық тәуелділіктер әмбебап емес, қолданылу аясына байланысты шектелген. Сондықтан формулалар басқа жағдайлар үшін дәл келмейді, мысалы тереңдік ауысқан жағдайда. Геологиялық жағдайлардың өзгеруіне байланысты (жарықшақтық жүйесі) кен орнында эмпирикалық тәсілдерді қолдануда белгісіздік туындайды.

Тау-кен сілеміндегі механикалық процесстердің дамуын сапалы, әрі сандық болжауға модельдеудің сандық әдісін қолдануға болады. Сандық модельдеуді қолданғанда шешімнің дәлдігі көптеген факторларға тәуелді, ең алдымен қолданылатын шектік жағдайлар мен бастапқы мәліметтердің дұрыс болуы керек. Бірақ сандық әдістердің барлық артықшылықтары мен мүмкіншілігін ескергеннің өзінде, басқа әдістерге қарағанда техногендік және табиғи факторлардың әсерінен кернеулі күйдің біртексіздігі, гидрогеологиялық режимнің болуы, желмен мүжілу процесстері, жарықшақтық жүйесінің әртүрлі болуы, сілемдегі тау жынысының литологиялық тұрақсыздығы, құрамының біртексіздігінде біртексіз анизотроптық орта болып табиғи нақты жағдайда жарықшақты тау-кен сілемінде белгісіздік мәселесі орын алады. Сондықтан геологқа қорытынды беру күрделірек болып, өз кезегінде қателіктердің ықтималдығын арттырады. Қажетті бастапқы мәліметтердің көптігіне байланысты қателесуі мүмкін. Нақты көрсеткіштер мен сандық есептеу нәтижелері кең ауқымды сәйкес келмеу ықтималдығын төмендету мақсатында бастапқы мәліметтер толықтай болуы қажет екендігін, және оның күрделі құрылысын ескеретін блоктық сілемнің механикалық сипатын есептейтін әдістемені игеруді талап етеді.

Қазіргі күнге дейін қолданылып келген сандық геомеханикалық модельдер тек жеке алынған аймақтарды сипаттауға ғана қолданылып келді. Қазіргі таңда компьютерлік технологиялар дамуымен сандық геомеханикалық модельдерді кен орнын толығымен сипаттауға мүмкіндігі ашылды.

2 ТАУ-КЕН ҚАЗБА ЖҰМЫСТАРЫН ЖҮРГІЗУДІҢ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ БЕКІТУ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ

2.1 Қарағанды көмір бассейнінің дайындық қазбаларының бекітілу жағдайын талдау

Дайындық қазбаларын бекіту процесі жүргізу қарқынына әсер ететін негізгі факторлардың бірі болып табылады, ол қазбаны қазып өту циклінің жалпы уақыты мен шығындарының 25-тен 50%-на дейін алады. Қарағанды көмір бассейнінде әртүрлі бекітпелер қолданылады: металл жақтаулы, қарнақты және аралас. Қазбаларды сақтау не ұстап тұру мысалдары 2.1 және 2.2 суреттерде келтірілген. Жақында қарнақтық және құрама бекітпелер дайындық жұмыстарында кеңінен қолданылды. Қарнақ бекітпесін таңдау Қарағанды бассейнінің шақтыларында қабылданған қарнақ бекітпесін орнату қарапайым, әрі оңайырақ және арзан. Оның құрылымы металл шыбықтан, полимерлі шайырлардан, қоршау торынан және штрипсельден тұрады. Кейбір жағдайларда қарнақтық бекітпені пайдалану қазбаны пайдалану кезінде жеткілікті сенімділікті қамтамасыз етпесе, ол арнайы өзара алмастырылатын профильден (СВП) жасалған металл иілгіш жақтаулы бекітпемен бірге қолданылады. ӨАП бекітпесі қарнақ бекіткішіне қарағанда әлдеқайда қымбат және құрылыс кезінде көп еңбекті қажет етеді. Осылайша, бекітпені жеткізу және салу кезінде еңбек шығындары үш есе артады. Жақтаулық бекітпені қолданған кезде қазбаны қазып өту циклінің ұзақтығы артады, сәйкесінше қазу қарқыны төмендейді және қазба құны артады. Мысалы, 9 м² қимасы бар қазбаның 1 метрін металл жақтаулық бекітпемен бекітуге арналған шығындар 46,8 мың теңгені құрайды, ал сол қазбаның 1 метрін қарнақтық бекітпемен бекіту үшін 18 мың теңге қажет [43]. Металл жақтаулық және қарнақтық бекітпелерді дайындық қазбаларын ұстау құралы ретінде бірлесіп пайдалану берілген жүктеме кезінде бекіту қадамын арттыруға мүмкіндік береді, бұл металл сыйымдылығының төмендеуіне және қазбаны ұстау шығындарының төмендеуіне әкеледі. Алайда, олардың тиімді бірлескен жұмысы көбінесе бекітпедегі жүктемелерді және бекіту параметрлерін анықтаудың дұрыстығы мен сенімділігіне байланысты болады, әсіресе тазарту жұмыстарының әсер ету аймағында [44].

Тәжірибе көрсеткендей, егер дайындық жұмыстары тазарту жұмыстарының әсер ету аймағына енсе, жоғарыда аталған бекітпе түрлерінің бірі оны пайдалану кезінде қазбаны ұстап тұрудың қалыпты жағдайларын қамтамасыз етпейді. Осы себепті жақтаулық бекітпеде оны күшейтетін қосымша элементтер көзделеді немесе қазбаның бойында гидравликалық металл тіректердің немесе үйкеліс тіректерінің бір-екі қатары орнатылады. Бірақ бұл іс-шаралар тау-кен қазбаларын қалпында ұстап-сақтау кезінде әрдайым тиімді бола бермейді.

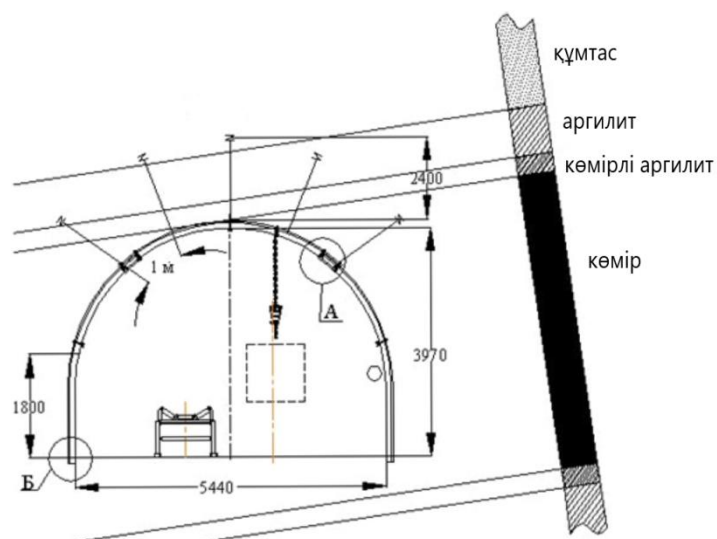
Күрделі қазбалармен салыстырғанда дайындық жұмыстарын жүргізу көп уақытты қажет етеді және қиын, өйткені тазарту жұмыстарының әсеріне байланысты біріншісі тұрақты емес тау қысымы аймағында болады. Нақты мысалда

дайындық қазбаларының бекіту күйін қарастырамыз. «Қазақстан» атындағы шақтының 49Д6-з аралық конвейерлік штрегі шақты алаңының батыс қанатында орналасқан 49Д6-з лавасына қызмет көрсету үшін өтті. Қазба бағанының ұзындығы 465 м, лаваның ұзындығы – 118 м (ұзартылғаннан кейін-187 м). Кен алу учаскесі шегіндегі қабаттың құлау бұрышы-1-7 градус. Қазба тереңдігі 625-670 м құрайды.

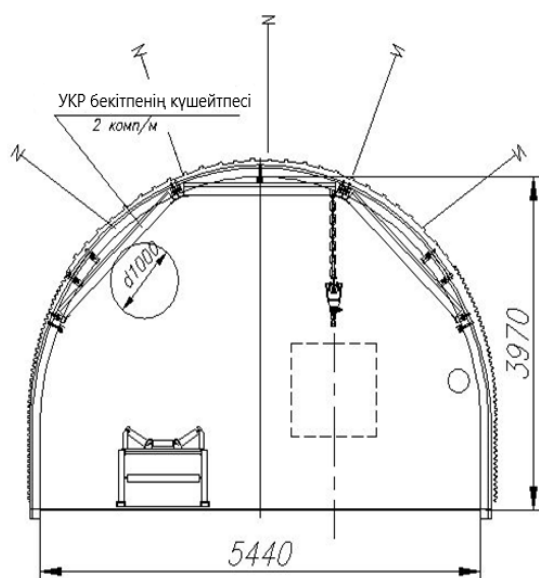
Шақтының батыс қанатындағы Д6 қабатының жалпы геологиялық қалыңдығы 5,41-5,18 м шегінде болады. Д6 қабатының алынатын қалыңдығы 2,83 м құрайды, қабаттың төбесін құрайтын тау жыныстарының қалыңдығы құмтас, алевролиттермен, сондай-ақ олардың қабаттасуы тау жыныстарымен ұсынылған. Тікелей төбесі 3 м-ден 7 м-ге дейін созылады және түсініксіз қабаты бар аргиллиттермен ұсынылған. Негізгі төбесі қуаты 24-32 м құмтастардан тұрады, негізгі төбесінің құмтастары әлсіз. Қиманың көп бөлігінде көмір қабатының төбесінде қуаты 0,2 м-ге дейін көмірлі аргиллиттің қабаттары байқалады, тікелей қабаттың табанында көмірмен байланыста 0,1-0,15 м әлсіз сазды аргиллиттер орналасқан.

Бекітуге арналған конвейерлік аралық штректе 49Д6-з пайдаланылған құрама бекітпе (қарнақты бекітпе мен металл жақтаулы бекітпе). Бекіту параметрлерін есептеу [45, 46] ұсынылған әдістеме бойынша жүргізілді. Осы техникаға сәйкес, алдымен қарнақ бекітпесін есептеу жүргізілді, содан кейін қарнақ бекітпесінің тау жыныстары сілемінің тұрақтылығына әсерін ескере отырып, жақтаулы бекітпесі есептелді. Қарнақтың ұзындығы $=2,4$ м қабылданды, қазба төбесіндегі қатардағы қарнақтар арасындағы қашықтық $=1$ м. қатардағы қарнақ саны 5 дана. қазба төбесіндегі қарнақ қатарлары арасын-дағы қашықтық $=0,5$ м (2.1-сурет). СВП-27-ден КМП-А3 рамалық иілгіш бекітпесі, ЗПК құлыптарымен және көлденең қимасының ауданымен $S_{св}=14,4$ м², 2 рама қадамымен 1 шаршы метрге орнатылды, бекіткіштің сәйкестігі $\Delta=400$ мм. бекітуді күшейту құралы ретінде лаваның алдында 2 рама қадамымен 1 шаршы метрге УКР күшейту бекітпесін орнату қабылданды (2.2-сурет). Штректі үңгілеу кезінде және лаваны пайдалануға жібергенге дейін 2018 жылғы мамырдан 2020 жылғы қыркүйекке дейінгі кезеңде конвейерлік өндірістік 49Д6-з штректі бекіту жағдайына бекітілген нормативтік құжаттарға сәйкес бақылау жүргізілді. Реперлік станциялардың деректері бойынша бақылауларды талдау осы қазбада рұқсат етілгеннен асатын тау жыныстардың ығысуы, сондай-ақ 1 р/ш.м. 1 ("Б"учаскесі) қадамымен МРК бекітпесі элементтерінің көрінетін деформациясы орын алғанын көрсетті.

Штрек күйіндегі бұл өзгерістер қазып өткеннен кейін 1-2 айдан кейін пайда болды. Штректің бекітілуін күшейту үшін бекітпенің әр жақтауының астына 2 ағаштан жөндеу жұмыстары жүргізілді. Қайта пайдалану үшін сақталатын қазба тау жыныстарының жылжуын есептеу негізінде бірінші лаваның артындағы күшейту құралы СТ-20 үйкеліс тіректерін қабылдады (2.3-сурет). Әрқайсысының жүк көтергіштігі - 25 тонна. СТ-20 орнату қадамы 1 ш.м. 4 дана осы біріктірілген бекітпеге 177 тонна болатын жалпы жүктеме түседі.



Сурет 2.1 – Аралық конвейерді бекіту паспорты 49дб-з



Сурет 2.2 – Бекітпені УКР күшейтпесі



Сурет 2.3 – Тазарту жұмыстарының әсер ету аймағында конвейерлік өндірістік штректі 49дб-з ұстап тұру

Сондай-ақ, штректің бекітілуін нүктелік күшейту жөндеу қондырғысының енуі кезінде штректің нүктелік бекітілуін күшейту жүргізілді. Бекіту параметрлері нормативтік құжаттарға сәйкес анықталды [45, с. 66; 46, с. 123].

Тазарту жұмыстарының әсер ету аймағында дайындық қазбаларын бекіту мен ұстап тұрудың келтірілген тәсілі Қарағанды көмір бассейнінің барлық шахталарына тән және үлкен еңбек пен материалдық шығындарды талап етеді.

Тау-кен қазбаларының күйін шахтылық бақылау деректері тау-кен қазбаларына жақын тау сілемінің уақыт пен кеңістікте үнемі өзгеріп отыратын күрделі тәртібі туралы көрсетеді.

Тау-кен қазбаларын ұстап тұруды жақсарту бағыттарының бірі тау-кен қазбаларына жақын тау-кен массивінде болатын геомеханикалық және физикалық процестерді одан әрі зерттеу, контурға жақын жердегі тау жыныстарының кернеулі күйі туралы сенімді, шынайы ақпарат алу болып табылады.

2.2 Кен орнында қолданатын әртүрлі бекітпелердің қолдану аясы мен шектеулері

Қазбаның орнықтылығына қол жеткізу үшін бекіту арқылы тау жыныстарының көтергіштігін арттыру қажет. Тау жыныстарын қазбасына әсер ететін иілу және созылуға беріктілігін арттыру үшін созылу кернеулерінің әсеріне қарсы қажетті күшейту арқылы ең тиімді және тау жыныстарында болат-полимерлі қарнақтарды бекіту арқылы жүзеге асырылады.

Рамалық бекітпеден айырмашылығы, қарнақтық бекітпесі алдын-ала кернеулі түрде орнатылады, сондықтан бекітпе салынғаннан кейін бірден тау жыныстарының қабаттасу жазықтықтары немесе олардың жарықтары бойымен ілінісу артады.

Қарнақты бекітпені орнатудың тығыздығын анықтайтын негізгі фактор ретінде қарнақтардың көтергіштігі немесе олардың бастапқы кернеуі қабылданады. Сонымен қатар, бекіту үрдісінде қарнақтың көтергіштігі мен кернеуі өзгеріссіз қалады деп болжанады.

Қарнақтарды орнатқаннан кейінгі бірінші сәтте олардың тау жынысындағы қысымы бастапқы кернеумен анықталады. Содан кейін тау-кен қысымының көтерілуіне қолданылатын күштердің әсерінен бекітпенің реактивті кедергісі артады және ұңғымадағы металдың серпімді созылуы нәтижесінде қарнақ қазбаға қарай жылжиды, ал оның контуры сәйкесінше жылжиды.

Жылжу кезінде тау жыныстарының кернеулі күйі төмендейді, ал қарнақтардың жүктемені қабылдау қабілеті артады.

Бұл үрдіс бекітпе - жыныс жүйесінде тепе-теңдік басталғанға дейін, яғни қарнақтардың реактивті кедергісі оларға әсер ететін тау қысымының күштеріне тең болғанға дейін дамиды. Егер қарнақтық бекітпесі төбе жыныстарының ашылуынан кейін орнатылса және онда қажетті кернеу пайда болса, онда тау жыныстарының қабаттары табиғи байланыста болады. Бұл сондай-ақ, тау

жыныстарының көтергіш қабілетін арттырып және қарнақтық бекітпенің жұмыс істеуінің арқасында тау жыныстары қабатшаларының сырғанауын төмендетеді [47].

Қарнақтық бекітпенің көмегімен қазба төбесіндегі жыныстардың жеке қабаттарының өзара әрекеттесуі қамтамасыз етіледі.

Бұл дегеніміз, кернеудің төмендеу аймағындағы жыныстардың жеке қабаттары қарнақпен ұсталады, осылайша бұл қабаттардағы тік созылу мен қысудың әсерін болдырмайды және төбенің жүк көтергіштігін қамтамасыз етеді. Сондықтан, жұқа қабатты тау жыныстарында қарнақ көмегімен тау жыныстарының қабаттарын төбеге бекітуге болады, осылайша олардың тау сілемінен бөлінуіне, өзара жылжуына және тау жыныстарына енуіне жол бермейді [48].

Төбенің тұрақтылығы тау жыныстарының иілу беріктігіне және қосылған қабаттардың санына байланысты болады.

Бекітудің ең жақсы нұсқасы бекітпенің жұмыс сипаттамасы массивтің контур маңындағы деформациялық күйіне немесе массивтің ішіндегі өлшенген кернеуге сәйкес болған кезде таңдалады [49].

Сондықтан мұндай қарнақ жасау керек, оның күштік сипаттамасы төбе жыныстарының кернеулі деформациялы күйінің сипаттамаларына сәйкес келеді.

Бір жағынан қарнаққа жоғары жүктемелерге қол жеткізуге мүмкіндік беретін қарнақтың бұл нұсқасы оңтайлы болады, ал екінші жағынан, тау жыныстарының элементтері бар бекітпелер мен құрылымдардың бұзылуына жол бермеу үшін жеткілікті икемділік болады.

Тау-кен қазбаларының конструктивтік элементтерінің төбелердің, тіреуіш кентіректердің, қабырғалар мен табанының орнықтылығы деп оларды құрайтын тау-кен жыныстарын аршу кезінде қажетті қызмет ету мерзімі ішінде тұтастығын және жұмыс кеңістігінде қауіпсіз жағдайларды қамтамасыз ететін тепе-теңдікті сақтау қабілеті түсініледі [50].

Көмір және кен шақтыларындағы тау-кен қазбаларының тұрақтылығы негізінен олардың төбе жыныстарының кернеулі-деформациялы күйімен анықталады.

Кесте 2.1 – Қарағанды көмір бассейніндегі сыйымды жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттері

Тау жынысы	Беріктік шегі, МПа		Кеуектілігі, %	Ылғалдылығы, %	Тығыздығы, г/см ³
	сығуға	созуға			
Қарағанды свитасы					
Құмтас	32,7-63	2,7-5	9-14	3,1-4,7	2,49-2,56
Алевролит	22,7-45	1,5-2,6	11,1-29,6	3,4-5,5	2,35-2,52
Аргиллит	13,7-4,1	0,9-2	11,5-19,3	4-6,7	2,22-2,48
Долинск свитасы					
Құмтас	20,8-58,1	1,9-4,3	8,7-16,9	3,2-6,2	2,31-2,51
Алевролит	15,3-2,2	0,9-2,5	10-19,9	3,6-8	2,25-2,5
Аргиллит	11,3-30,9	0,7-1,6	10,9-22,7	4,2-11	2,2-2,46

Қарағанды көмір бассейніндегі сыйымды жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттері 2.1-кестеде келтірілген.

Тау жыныстары әдетте жарықтармен сынған. Жарықшақтар тау жыныстарының тұтастығын бұзады және оның беріктігін төмендетеді. Жарықшақтарды зерттеудің практикалық маңызы зор, өйткені ол пайдалы қазбаларды игеру кезінде оң да, теріс те рөл атқара алады [51]. Бір жағынан, тау жыныстарындағы жарықтар қазу жұмыстарын едәуір жеңілдетеді, бұл олардың тау сілемінен бөлінуіне ықпал етеді. Химиялық нығайту кезінде жарықтар олардың тұрақтылығын арттыру үшін айдалатын реактивтердің төбедегі тау жыныстарының төменгі қабаттарының арнасына ену арқылы қызмет етеді. Екінші жағынан, жарықтар кентіректердің көтергіш қабілетін және төбе жыныстарының орнықтылығын едәуір төмендетеді, бұл олардың тазарту қазбаларының жұмыс кеңістігіне құлауын тудырады. Жарықшақтар арқылы тау-кен қазбаларына метан бөлінеді, су пайда болады және т.б. Кен орындарының ұтымды және қауіпсіз дамуына жарықшақтардың қарқындылығы да, жарықтардың бағыты да әсер етеді. Жарықшақты зерттеу пайдалы қазбалардың кен орындарын пайдаланудың инженерлік-геологиялық жағдайларын бағалауда, кен жарықтардың белгілі бір түрлеріне жату заңдылықтарын анықтау үшін де үлкен маңызға ие [52].

Бір-бірімен қиылысатын жарықтар тау жыныстарындағы құрылымдық ақаулардың жүйелік желісін құрайды [53].

Жыныстарды құрылымдық блоктарға (жеке-жеке) бөлуді жетілдіру дәрежесі бойынша желінің үш түрі бөлінеді: үздіксіз (өтпелі), қиылысатын жарықтардан пайда болған және жыныстарды жеке-жеке бөлетін; үзіліссіз (аралық), онда жарықтардың едәуір бөлігі өзара қиылыспайды және блоктар арасында монолитті байланыстар сақталады және дискретті, онда жарықтар сирек қиылысады және жыныстар тәуелсіз құрылымдық блоктарға бөлінбейді [54]. Үлкен жарықтар әдетте қиылысады, тау жыныстарын тігінен және қабаттап бөліп, оларды бөлек бөледі. Үйкеліс күштерімен шартталған блоктар арасындағы байланыстар бұрғылау-жару жұмыстары кезінде оңай бұзылады, тау қысымынан қазбаларды салу кезінде және жыныстар тұрақсыз күйге өтеді [55].

Ұсақ жарықтардың үзік-үзік және дискретті желілері, тіпті жыныстардың көрінетін қалың жарықшақтары болса да, олардың тау-кен қазбаларының тұрақтылығын біршама төмендетеді. Тау-кен қазбаларын қазу және көмір қабаттарын қазу кезінде тау жыныстарының тепе-теңдігінің бұзылуы және шақтылардағы табиғи кернеулердің қайта бөлінуі нәтижесінде тау қысымы және әртүрлі массалардың деформацияларында, бұзылуында, жылжуында жүзеге асырылатын әртүрлі геологиялық құбылыстар пайда болады. Әлсіз және оңай жұмсаратын аргиллиттер мен алевролиттерден тұратын тау-кен қазбаларының табанында бірнеше ай бойы көтерілуі байқалады. Аргиллиттер мен алевролиттердің күшті беріктілікте дайындық қазбаларының қызмет ету мерзімі ішінде (1-2 жыл) қанағаттанарлық жағдайда болуы мүмкін. Тасымалдау қазбаларында жыныстардың табан шоғыры көлік жолдарын істен шығарады,

бұл деформацияланған жыныстарды бұза отырып жолдарды қайта төсеу бойынша жөндеу жұмыстарын жүргізуді талап етеді [56].

Табан жыныстарының көтерілуі қазбалардың көлденең қимасын азайтады және жеткізілетін ауаның ағынын нашарлатады.

Ол өзгергіштікпен сипатталады және келесі негізгі элементтерден тұрады: геологиялық және өнеркәсіптік аудандар мен учаскелердің көмір қабатының геологиялық құрылымы, тау жыныстарының литологиялық және фазалық құрамы, олардың физикалық және механикалық қасиеттері, жарықшақтығы, физикалық жағдайы, орналасу жағдайлары, гидрогеологиялық жағдайлар және көмір қабаттарының газдылығы [57].

Қарағанды бассейнінің көмір қабаттары төбесіндегі тау жыныстарының кернеулі-деформациялы күйін олардың құрамымен, физикалық-химиялық қасиеттерімен, қабатталуымен және жарықшақтығымен анықталады. Көмір қабаттарының тікелей төбесі көбінесе аргиллиттермен, сирек алевролиттермен және оқшауланған жағдайларда құмтастармен бірге кезігетін, негізгі төбесі әдетте құмтастардан тұрады. Көмір қабаттарының табанында аргиллиттер де басым. Бассейнде орташа төзімді төбелер басым (барлық шақты қабаттардың 50%), аз төзімді төбелердің үлесіне 25%, тұрақсыз төбелердің үлесіне - 20% және тұрақты төбелердің үлесіне тек 5% келеді. Қалыңдығы 0,2-0,6 м аспайтын жұқа тақтатасты аргиллиттер мен көмірлі аргиллиттер жатқан учаскелерде олар жалған төбе түзеді. Табан жыныстары көбінесе орташа төзімді (шақтылық қабаттардың 45%), аз төзімді (20%) және тұрақсыз (20%) және одан да аз тұрақты (15%) болып табылады [58].

Қарағанды көмірінің беріктігі профессор М.М. Протоdjяконов шкаласы бойынша 0,5-1,4 құрайды.

Көмір бассейнінің тау жыныстарында тау қысымына байланысты қазбаларды жүргізу кезінде пайда болатын табиғи және техногендік жарықтар пайда болады.

Тектоникалық процестерден туындаған тектоникалық жарықтар қатпарларда және ақаулық аймағында қарқынды дамиды. Олар тау жыныстарын әртүрлі бұрыштардан кесіп өтеді, олардың бағыты бұзылған бұзылулардың созылуымен сәйкес келеді.

Тау жыныстарында қабаттық жарықтар да дамыған, олар әдетте тау жыныстары мен көмір қабаттарының түйісулерімен шектелген.

Тек қана қарнақ бекітпесі бүкіл қызмет ету мерзімі ішінде олардың тұрақты күйін қамтамасыз етпейтін қазбаларда қарнақтық бекітпесін рамалық бекітпенің әдеттегі түрлерімен бірге қолдану өте тиімді. Шақтылық бақылаулар мен жинақталған тәжірибе нәтижелерін талдау қарнақтық бекітпені рамамен бірге қолдану қазбалардың тұрақтылығын едәуір арттыруды және бекіту материалдарының шығынын 1,5-2,0 есе азайтуды қамтамасыз ететінін көрсетеді. Қарнақтардың көмегімен қазба айналасындағы жыныстардағы жоғары жергілікті кернеулерді қабылдау (төбе мен бүйір жағынан) және рамалық бекітпенің контуры, оның жеке элементтері бойынша тау қысымын теңестіру қамтамасыз етілуі мүмкін [58, p. 461].

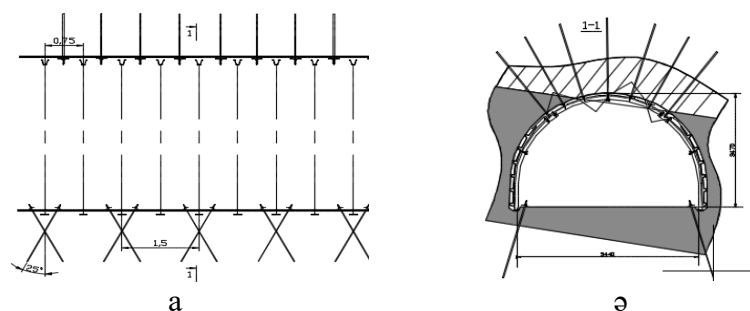
2.3 «Қазақстан» шахтасында орнатылған қарнақтық бекітпелерді зерттеу

ПК 104-103 антиклинальды және синклинальды қабаттарды Д6 қуатты қабатының жоғарғы қабаты бойынша конвейерлік қазбаға орнатылған.

Лаваның алдында құрама бекітпемен бекітілген 334дб-1-в конвейерлік қуақазының жағдайы (металл жақтаулы бекітпе және 0,75 м арқылы жеті төбе қарнағы) салыстырмалы түрде тиімді жағдайда тұр. Лава негізгі төбені 90 м-ге отырғызу қадамымен пештен 300 м-ге көтерілді. Металл жақтаулы бекітпемен 0,75 м қадаммен бекітілген 334дб-1-в желдеткіш қуақазының контуры табанның тау жыныстары жағынан да, төбе жағынан да, әсіресе Д7 доинка құламасының жұмыс істемейтін қабаты бойынша жоғарыдан өткен газ-дренажды қуақазбен іркілістер ауданында қатты деформацияларға ұшырайды. 0,5 м қадаммен металл жақтаулы бекітпемен орнатылған аймақтарда штректің жағдайы анағұрлым тұрақты. Желдеткіш штрек 2,5 м окшаулағыш көмір кентірегін қалдыра отырып, жоғары жатқан қазу бағанының конвейерлік штрек жанынан қазып өткен. Қарнақтарды орнату аркалы бекітпесінің жақтауларынан 0,5 м қашықтықта жұмыс істейтін және өтпейтін жағынан жүргізілді. Теспелерді бұрғылап және табанға үш жұмысшы қарнақтарды орнатылған, ұзындығы 1,0 м (үлгі өлшемдері 1,0; 1,2; 1,4; 1,6 м) 1-ші типтік мөлшердегі "СуперТурбо" бұрғылау қондырғысы пайдаланылған. Теспелер қазбаның контурынан 45° төмен және қазбаның осі бойынша 45° төмен ығысумен бұрғыланды. Химиялық ампулаларды орнату кезінде бұрғылау ұсақ-түйектерінің теспеге түсуін болдырмау үшін бұрғылау теспелерінің астынан тереңдігі 0,2-0,4 м тазартылды. Бір қарнақты бұрғылау және орнату уақыты 8 минутты құрады. Іргелес қарнақтардың 0,1-0,2 м-ге ауысуы және олардың табан жыныстарындағы қабаттасуы 0,5 м-ге дейін қамтамасыз етілді. Ұзындығы 2,4 м бұралған болат қарнақтар үш химиялық ампулаларға орнатылды: жеделдетілген ұзындығы 0,35 м (қатаю уақыты 15-20 с) және екі кешіктірілген ұзындығы 0,6 м (қатаю уақыты 3 мин.), содан кейін тек соңғы екі ампулаға өтті. Қарнақтарды химиялық ампулалармен теспеге бұрғылау қондырғысымен адаптер арқылы тірек табан астындағы қарнақ өзегіне калибрлеу штифтін кескеннен кейін бекітетін гайканы бұрап қатайтылды. Химиялық ампулаларды орнату негізгі тау жыныстарын байланыстыру мен бекітуге тірек қысымының шыңының контурын массивке 1,0-2,0 м тереңдікте жылжыта отырып, топырақ жыныстарының бекітілген контурын құру арқылы қол жеткізіледі [59].

Табанына контур маңайына екі қарнақты орнату қазба ұзындығы бойынша 1,5 м арқылы жүргізілді.

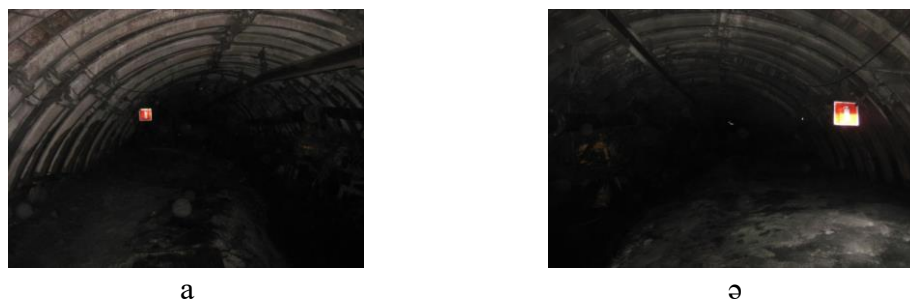
Төменде "Қазақстан" шахтасында табанына контур маңайына қарнақтар қондырғысының орнатуы бойынша технологиялық паспорты берілген-2.4-сурет.



а – жоспар; ә – қазба профилі

Сурет 2.4 – «Қазақстан» шақтысында табанының контур маңына қарнақтарды орнатудың технологиялық паспорты

2.5-суретте жүріс және жүріс емес жақтарынан орнатылған табанының контур маңындағы қарнақтар көрсетілген. "АрселорМиттал Теміртау" КД АҚ "Қазақстан" шақтысында 334-д6-1-желдеткіш штрегінің төбесі мен бүйір жақтарының жылжуын жергілікті бақылау нәтижелері – 2.5-сурет.



а – деформациясыз; ә – табанның ортасы бойынша иілуі

Сурет 2.5 – Қазба контурларының деформациясы

334-д6-1-в желдеткіш штрек (2.2-кесте) 324-д6-1-в конвейерлік штрек бар лаваға жақын өткізілді. 334-д6-1-в желдеткіш пен 324-д6-1в конвейерлік қуақаз арасындағы кентірек 2,0-2,5 м құрайды. Қазып өндіру бағытында қабаттың құлау бұрышы-8-+3°, кенжар бойынша - 10-15°, жұмыс учаскесіндегі қабаттың орташа қалыңдығы – 5,4 м [60].

Кесте 2.2 – Қазбаның сипаттамасы

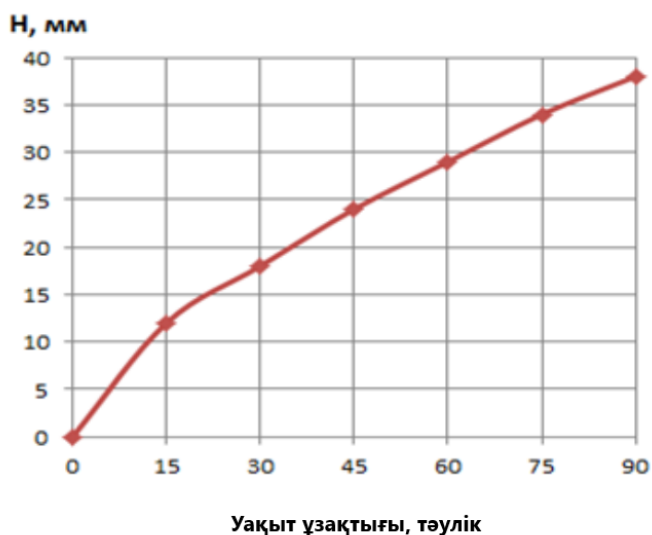
Қазбаның атауы	Ұзындығы, м	Ені, м	Биіктігі, м	Қима сының ауданы, м ²	Бекітпе түрі	Тығыздау түрі
Желдеткіш штрек 334д6-1-в	1355	5,8/5,44	3,8/3,57	18,3/14,5	МАК1,33 жақтау/м	тор/ЗМП

Д6 қабаты газ бен шаңға қауіпті, өздігінен жануға бейім, әсіресе лақтыру қаупі бар, Д6 қабаты күрделі құрылымға ие және қалыңдығы 0,01-0,1 м

аргиллит пен көмір аргиллитінің қабаттарымен бөлінген 7-8 көмір бумасынан тұрады. Көмір қабатшалары $f=0,8-1,5$ беріктік коэффициенті бар жартылай жылтыр, сызылған көмірден тұрады. Д6 қабатының төменгі қабатында табаннан 0,7 м қашықтықта беріктігі $f=0,5$ коэффициентімен қалыңдығы 0,1 - 0,25 м жоғары газды жер құрылымының үгітілген көмірі бар. Қабаттың төбесінде қалыңдығы 1-4 м аргиллиттер жатыр, олардың беріктігі -12-20 МПа. Алевролиттер кара сұр, жарықшақты, сидериттелген тау жынысының линзалары мен қабаттары бар, орташа беріктікте қалыңдығы 7 м, сығуға беріктігі 30-50 МПа. Линза тәрізді құмтас қабатының қалыңдығы 20 м-ге дейін жететін тө-бені ұсынады. Құмтас - сұр, орташа түйіршікті, қабатты, сидериттелген жы-ныстың қосындылары бар, әлсіз жарықшақты, күшті сығуға беріктілікпен $\xi_{сж} = 50-65$ МПа [61].

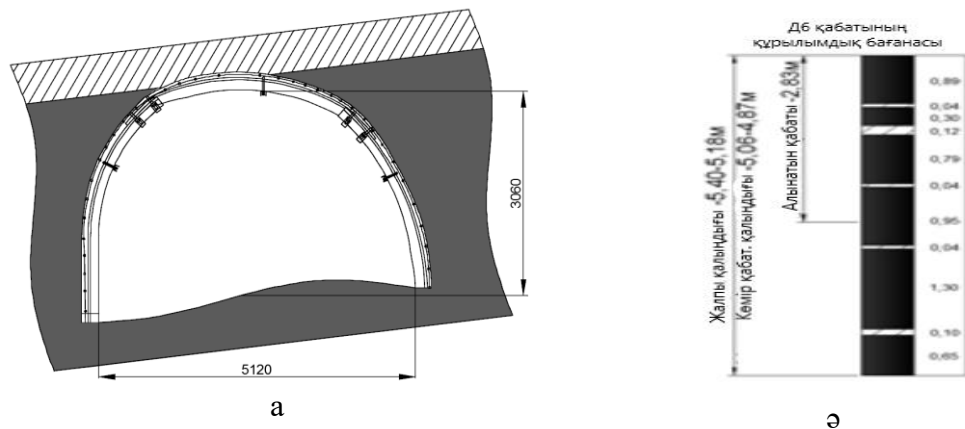
Қазбаның тікелей табаны-Д6 қабатының төменгі қабаты. Қабаттың тікелей табанында орташа беріктігі бар аргиллиттер жатыр, қалыңдығы 1-16 м, күші $\xi_{сж}=25$ МПа. Негізгі табан қалыңдығы 25 м дейінгі құмтастан тұрады, $\xi_{сж}=50-60$ МПа.

Жергілікті бақылаулардың нәтижелері бойынша қазба табанының қатпарлануы анықталды. Олардың негізгі үлесі қазбаның оң жағына келеді. Табанның қатпарлануын талдау өлшегіш станцияларды орнатқаннан кейінгі бірінші айда қатпарланудың 18 мм болғанын көрсетті. Екінші айда табанының қатпарлануының мәні 11 мм болды. Табанның қатпарлануы қойнауқаттың қалыңдығы 1-ден 16 м-ге дейінгі қалыңдықта табанында төмен берік аргиллиттердің жатуымен түсіндіріледі (2.6-сурет).



Сурет 2.6 – Қазба табанының қатпарлануының даму динамикасы

324-Д6-1-в конвейерлік штректің қасынан өткен қазба 334-Д6-1-в желдету қондырғысының жағдайына теріс әсер етеді. 2.7-суретте негізгі деформациялар қазбаның оң жағында болатындығы көрсетілген. Лаваның босатылған тау жыныстары қазба қабырғаларына қысым жасайды [62].



а – көлденең қимасы; ә – дб қабатының құрылымдық бағанасы

Сурет 2.7 – Жергілікті бақылау кезінде қазбаның қимасы

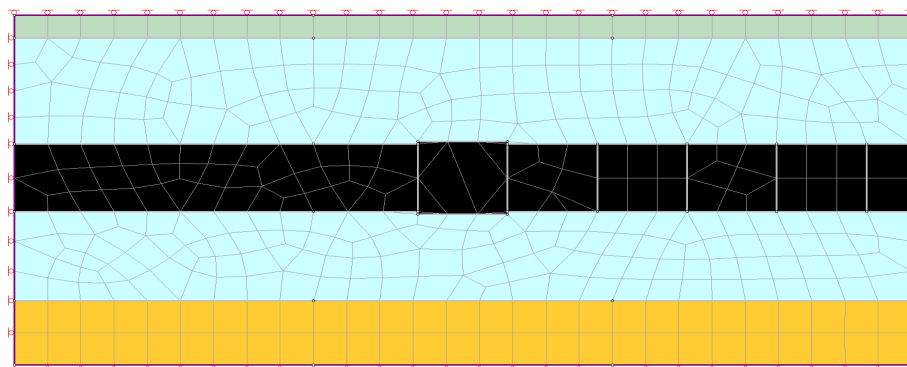
2.4 Түйіспе қазбасына кернеудің әсерін тау-кен технологиялық параметрлерді ескеріп сандық модельдеу

Дайындау қазбасын қазып өту кезінде белгілі қарнақтық жүйелерді қолдануға мүмкіндігіне әсер ететін факторлар: қарнақтық бекітпенің беріктілігі; тау-кен қазбасының маңайындағы тау жынысының қауіпті деформациялық аймағының өлшемі; қазбаның төбесінде тұрған тау жыныстарының жылжуының шамасы, конвергенция шамасы, қазбаның қызмет ету мерзімі, тау-кен қазбасының бекітілген төбесінің қауіпсіз ығысуының (түсуінің) шекті шамасы болып табылады.

Әртүрлі бекітпелердің қызметтік мүмкіншіліктерін анықтау бойынша салыстырмалы зерттеу жүргізілді. Бекітпенің жұмысқабілетінің деңгейі мен рамалық және құрама, қарнақтық бекітпемен қазбаны бекітуде тау қысымының болуы анықталды. Тазартпа жұмыстарының әсер ететін және әсер етпейтін аймақтарындағы қазбаның бекітпедегі тау жыныстарының сілемдегі қысымның ерекшеліктерін анықтау; қазбаның әртүрлі типтегі төбелер үшін сілемдегі тау жыныстарында құрылымдық құрылыстың жылжуы, физикалық-механикалық үрдістердің әсер ету сипатын бекіту зерттеудің тапсырмасы болып табылады [63]. Деформация мен кернеулер өрісін тудыратын факторларға мыналарды жатқызуға болады: сілемдегі тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерінің алшақтығы (деформациялық, беріктілік және т.б.), сыртқы әсерлер, сілем шекарасының ауытқуы. Статикалық әдісті пайдалана отырып, тау жыныстары механикасының тапсырмаларын сәйкесінше шешуге болады: массивтердегі деформациялық процестерді зерттеу, олардың деформациялық қасиеттері бойынша статистикалық біртекті емес, массивтердегі шекті тепе-теңдік жағдайға көшу, статистикалық олардың беріктілігі бойынша гетерогенді қасиеттері; массивтердегі механикалық процестердің әсер ететін шекаралары [64].

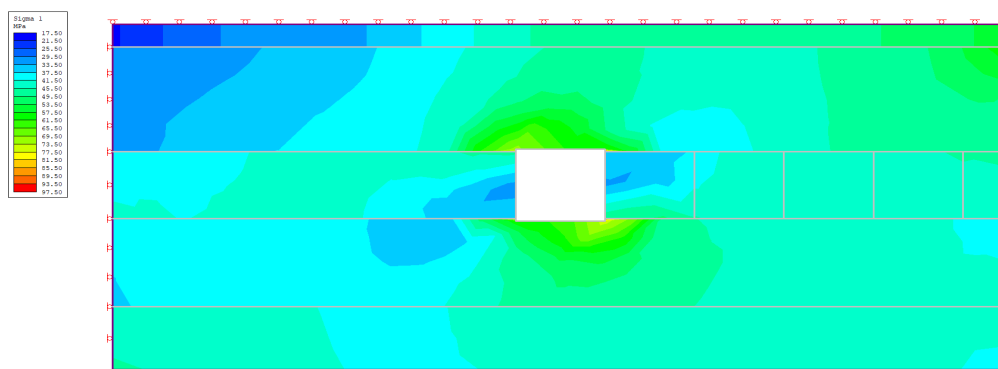
Тау сілемінің кернеулі-деформациялы күйін бағалау үшін Phase² бағдарламасын қолдануға болатындығы төменде көрсетілген (2.8, 2.9-суретте). Жазықтықта жинау-бөлшектеу кенүңгірінің кіреберісіндегі тазалау механикаландырылған кешені немесе түйіспе қазбасын салу кезіндегі тау-кен

жұмыстары кезіндегі туындайтын жазықтықтағы кернеулерді анализдеу үшін қажет.



Сурет 2.8 – Көмір қабаты мен тау жыныстарының орналасу параметрлері

Нәтижелерді анализдеу үшін шеткі элементтер әдісін қолданамыз [65].

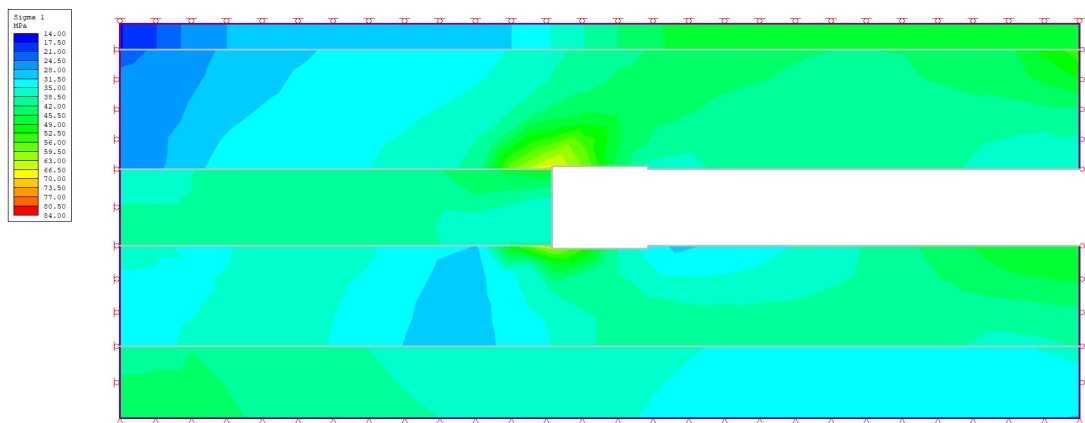


Сурет 2.9 – Тау-кен қазбасының контуры бойынша аймағындағы кернеулер

“АрселорМитталТемиртау” АҚ КД “Қазақстан” шақтысында Дб көмір қабатын бірнеше сатыда модельдеу іске асырылды. Бірінші сатыда түйіспе мен тау-кен қазбасының контурлары және көмір қабаты мен бос тау жыныстарының параметрлері берілді. Тау-кен қазбасының қимасы – тіктөртбұрышты ені 6 метр биіктігі 4 метр [66].

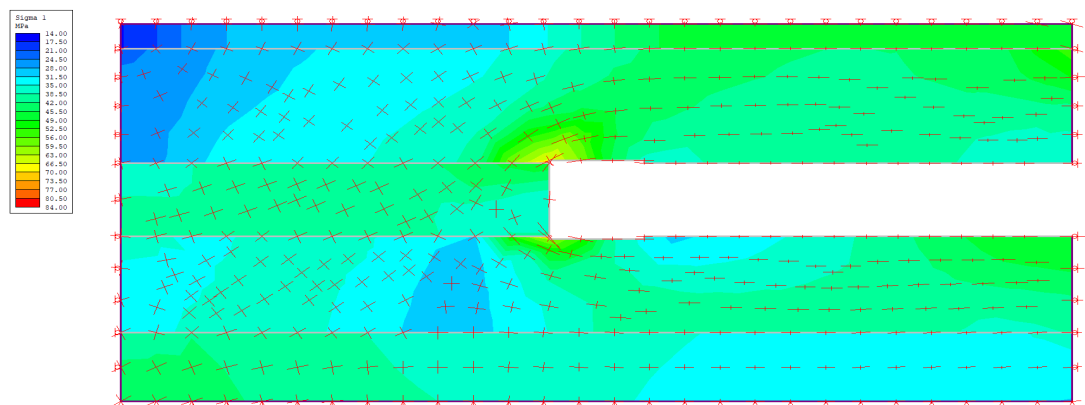
Көмір мен тау жынысының параметрлері енгізілгеннен соң, шеткі элементтеріне тор тұрғызылды. Қабаттық қазба жүргізілген кездегі кернеулерге және кернелі-деформациялы күйіне зерттеу жүргізілді. Қазба контурының бұрыштарында кернеудің артқанын көреміз. Қазбалар қосылған кезде тау қысымының білінгенін көреміз. Түйіспе қазбасын біртіндеп өткен кезде 2.10-суреттерде сатылары бейнеленген [67].

Қазбаның біріккен жеріне кернеудің әсерін көреміз. Қазбаның бұрыштарындағы кернеудің σ_1 максимальды мәні 49-61МПа жетеді [68].



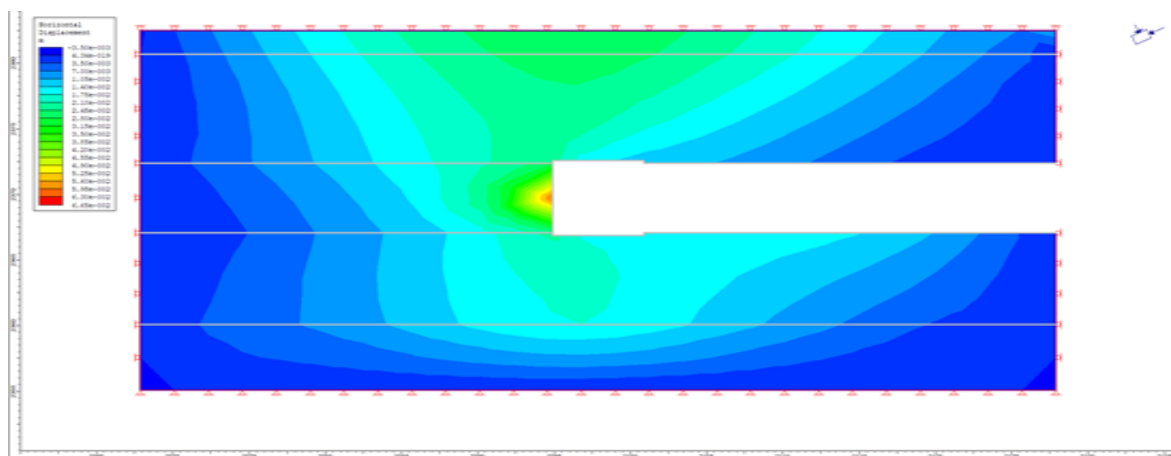
Сурет 2.10 – Түйіспе қазбасындағы тау сілемінің кернеулі күйінің бағамы

Кернеудің минимальді мәні σ_3 10-20 МПа құрайды. 2.11-суретте қызыл крестик түріндегі бейнеленген кернеудің траекториясы көрсетілген.

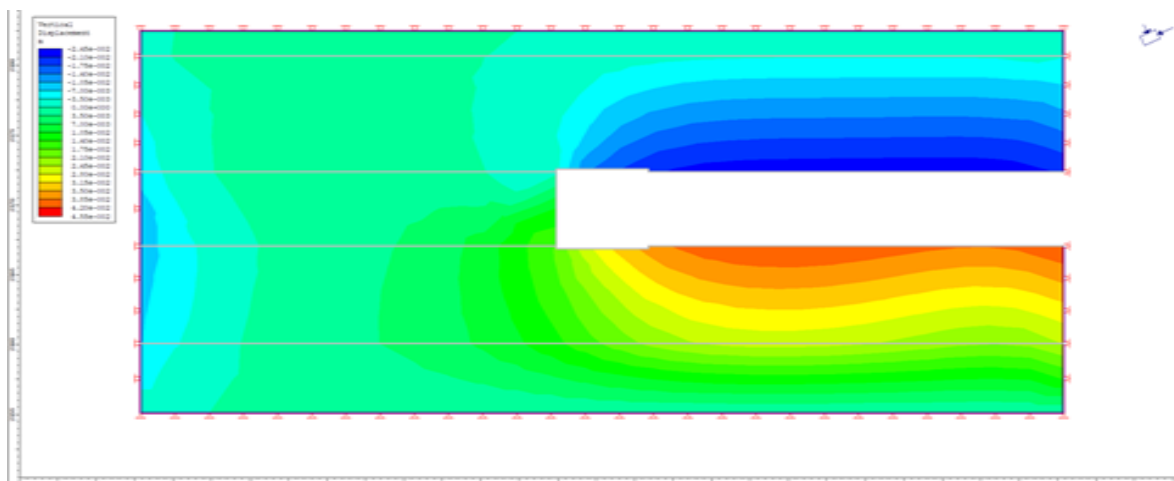


Сурет 2.11 – Түйіспе қазбасының маңайындағы кернеудің траектория-лары

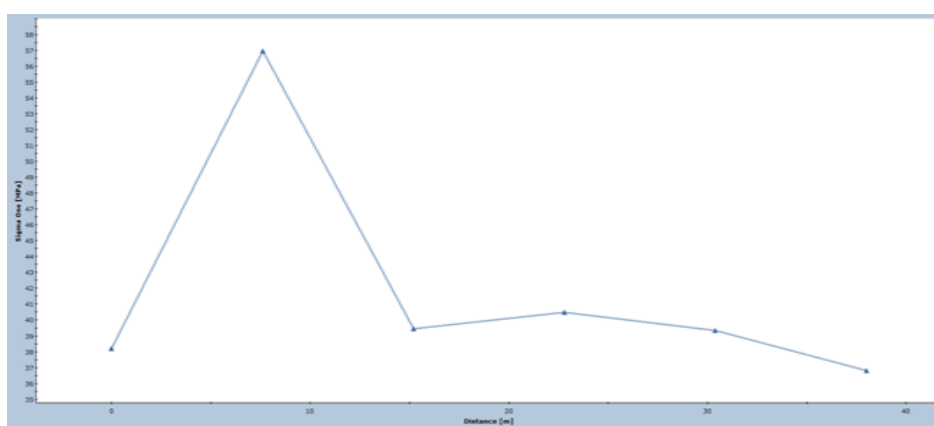
Вертикальды және горизонтальды ығысулардың бағалауы 2.12-2.13-суреттерде көрсетілген.



Сурет 2.12 – Қазбаның жапсарласуы кезіндегі горизонтальды ығысуы



Сурет 2.13 – Қазбалардың бірігуі кезіндегі вертикальды ығысуы



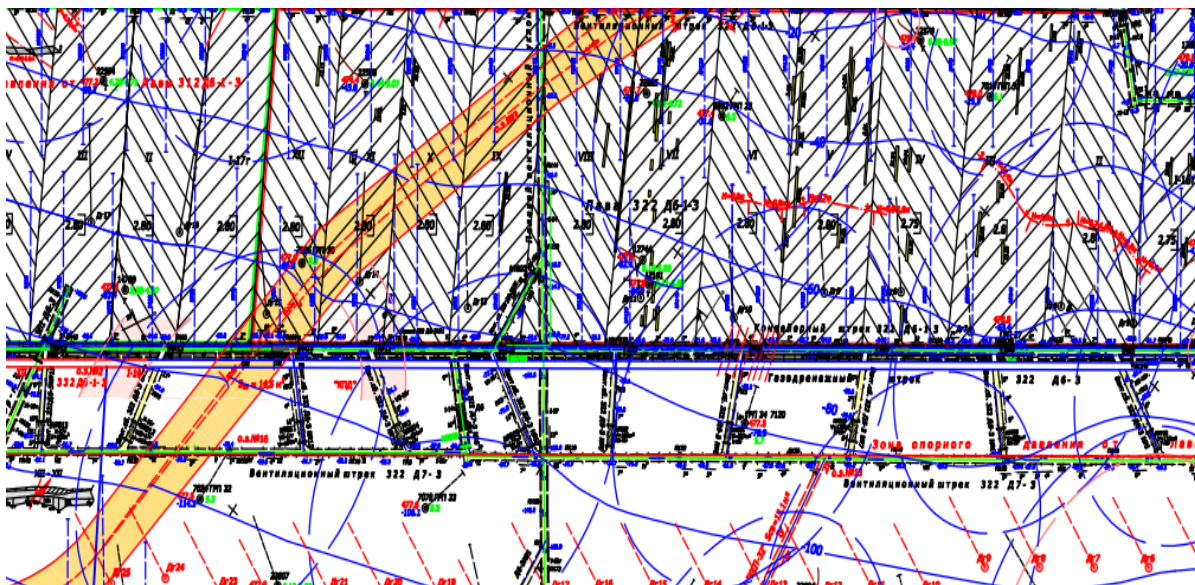
Сурет 2.14 – Тазартпа қазбасынан қашықтығына байланысты қазбалар аймағындағы кернеулер

Горизонтальды ығысу U_x қазбаның барлық жағынан белсенді білінеді. Вертикальды ығысу U_y қазбаның табанында максимальды ығысу соңғы сатысында 0,04-0,1 м дейін байқалады [69].

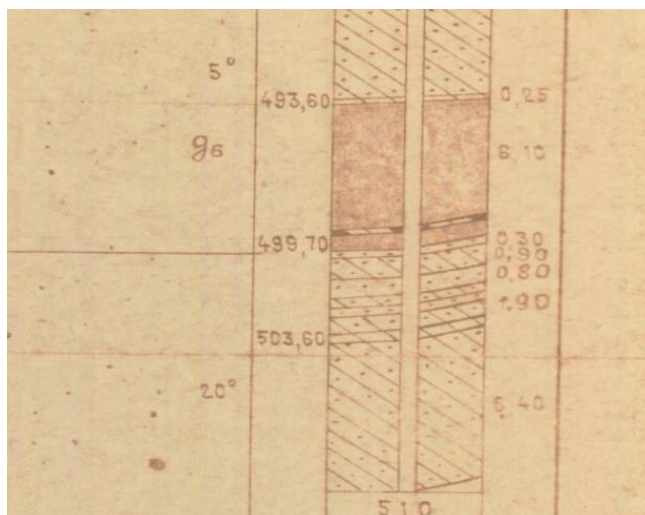
Сатылап модельдеудің нәтижесі көрсеткеніндей қазбалар арасындағы түйіспеге дейінгі қашықтықтың кернеудің мәніне әсер ететін негізгі фактор екенін көрсетті. 2.14-суреттегі бейнеленген графиктен қазбаға дейінгі қашықтыққа кернеудің тәуелділігін көреміз. Кернеудің максимальды мәні 57 МПа қазбалардың түйіскен жерінде туындайды және 3-6 м аралықта тау сілемінің контур маңына технологиялық әсер етуді қажет етеді. Түйіспе қазбалардың жапсарласуы аймағында кернеудің кілт өзеруі байқалады [70, 71]. Қазбалардың бірлескен аймағында орналасқан кентіректің вертикальды қысымды өзіне алады. Ұсынылған мақалада Phase² бағдарламасын қолдану арқылы тау сілемінің кернеулі-деформациялы күйін есептеу нәтижелерімен игерудің тау-кен-технологиялық параметрлеріне тәуелді қазбаның орнықтылығына әсер ететін кернеудің параметрлері анықталды.

2.5 Тазартпа кеңістігінің маңындағы сілемнің кернеулі-деформациялы күйін сандық модельдеу

«Қазақстан» шақтысының 322-Д6-3-3 лавасы Д6 қабатын игеруде (2.15-сурет), қабаттың құлау бұрышы 7-14°, тазартпа кенжарында жинау-бөлшектеу кенүңгірінің ұзындығы 217 метр, әрі қарай желдету штрегі бойынша лаваның ұзындығы 240 метрге дейін өседі. Лаваның төбесін басқару-толықтай бұзу арқылы жүзеге асады. Геологиялық барлау ұңғымасының мәліметін келтіреміз (2.16, 2.17-суреттер) [72].

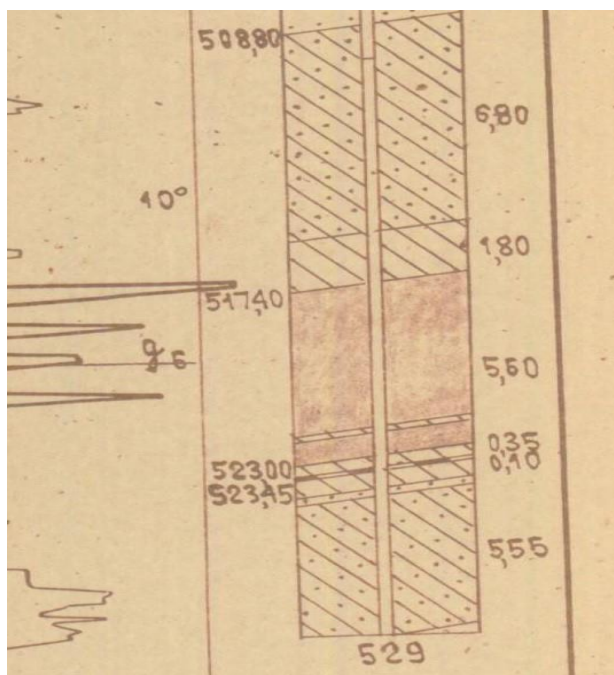


Сурет 2.15 – 322-Д6-3-3 лавасының сызбасы



Сурет 2.16 – №22576 барлау ұңғымасының мәліметі

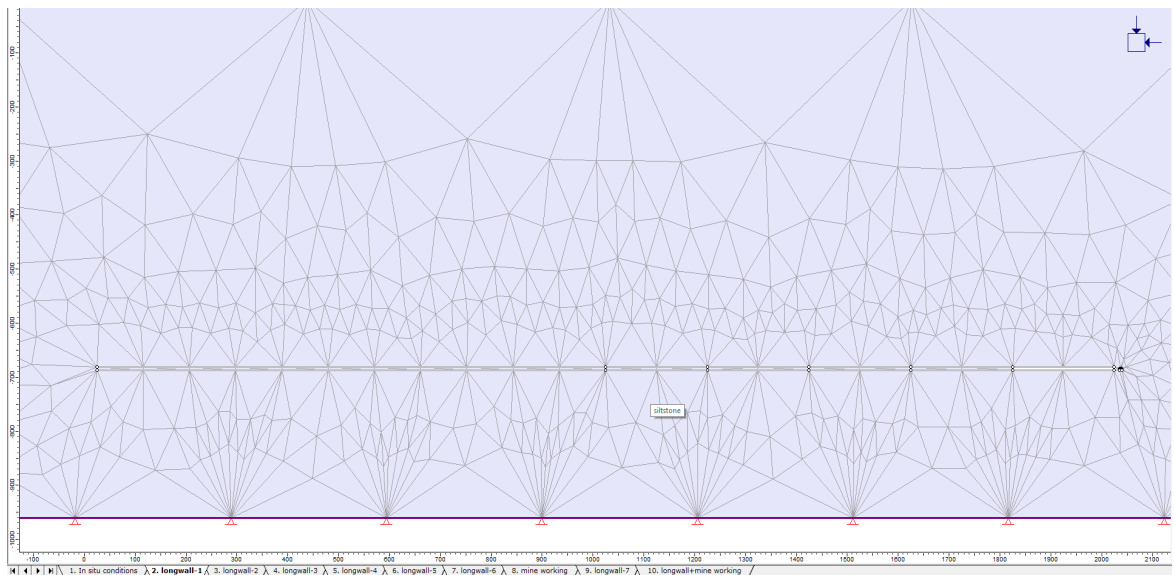
Тау сілемінің кернеулі-деформациялық күйін сандық модельдеу «Phase²» бағдарламасы арқылы жүзеге асты (www.rockscience.com) [73].



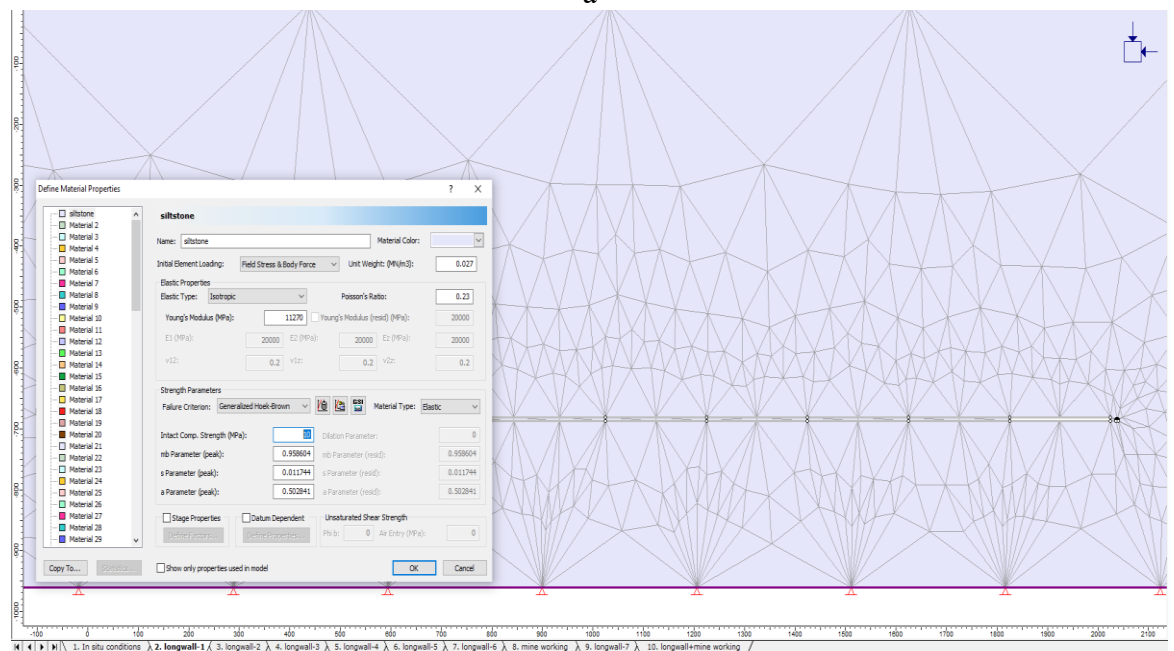
Сурет 2.17 – №22588 барлау ұңғымасының мәліметі

Өртүрлі 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 шеткі 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 Хоек-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 (2.18-сурет) [74-76].

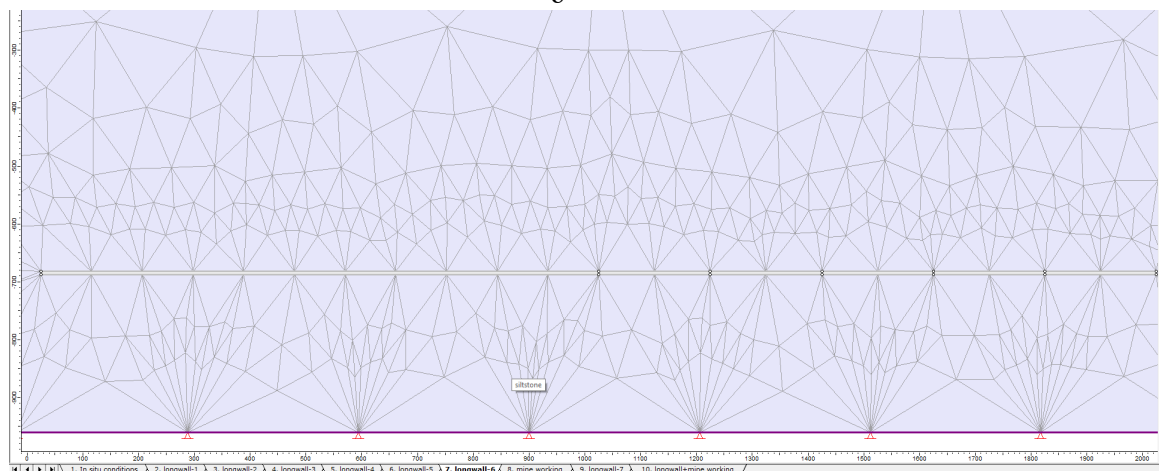
Графикалық бейнелеуде басты (вертикальды) кернеулердің σ_1 максимальды мәндері 2.19-суретте берілген. Қазбаның шеткі жағындағы тіректік қысымның (19....-29 МПа) қалыптасуымен қатар тазартпа қазбасының табаны мен төбесіндегі вертикальды кернеулермен (4.....-2 МПа) кернеулерді түсіру аймағымен қалыптасуын бақылай аламыз [77]. 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 [78, 79].



а



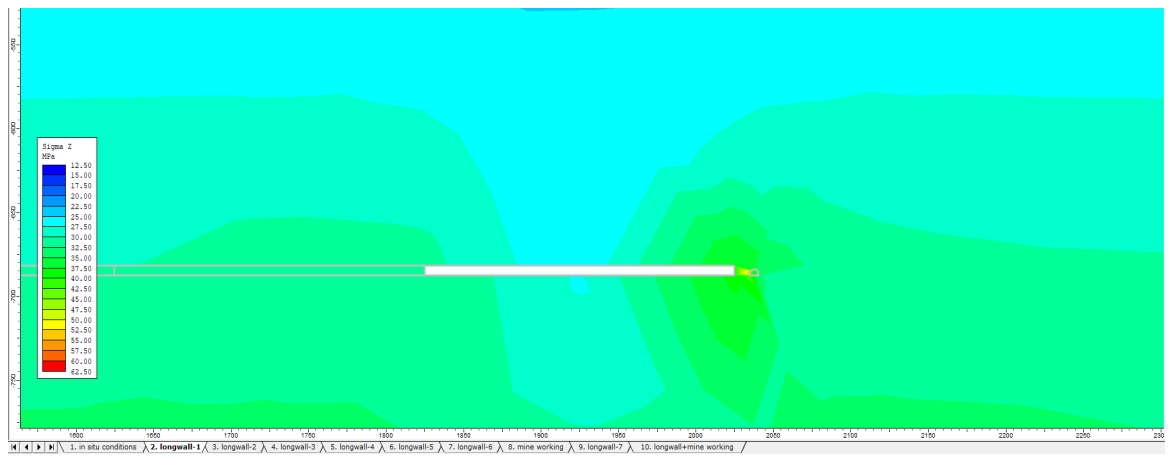
а



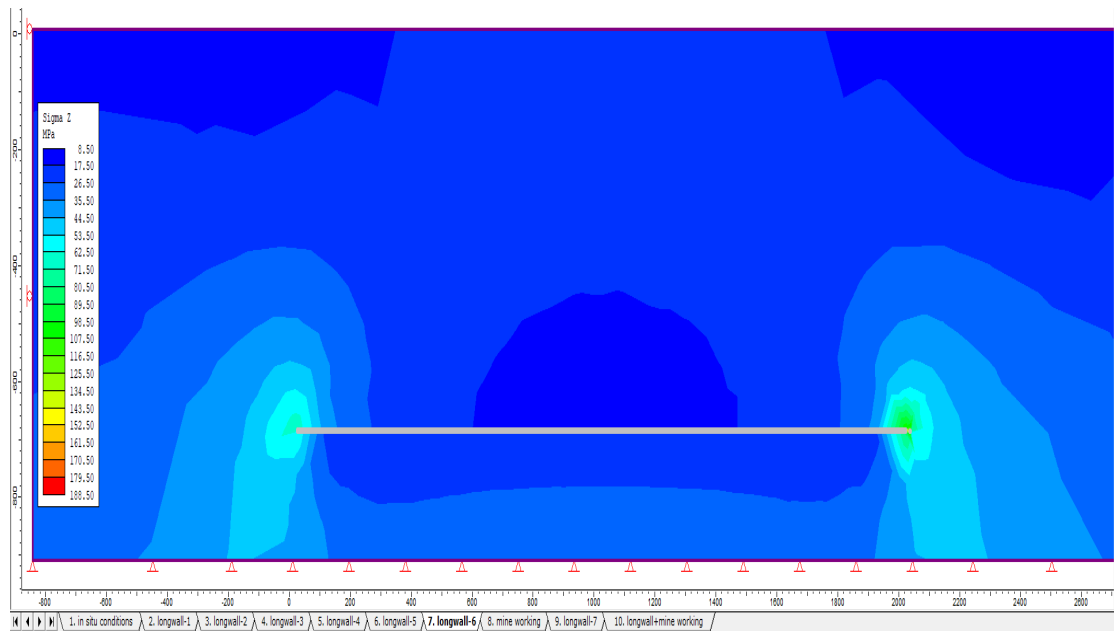
б

а – 1 саты; а – материалдар терезесі; б – 6 саты

Сурет 2.18 – Тазарту кеңістігін “Phase²” бағдарламасымен моделдеу



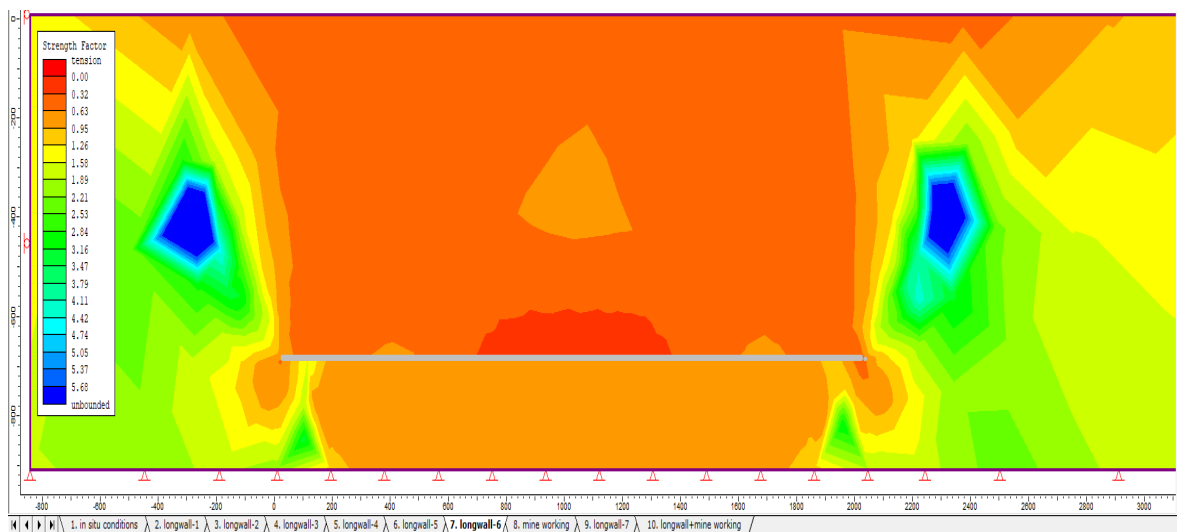
а



ә

а – 1 саты; ә – 6 саты

Сурет 2.19 – Максималды басты кернеудің мәндері σ_1



Сурет 2.20 – Қауіпсіздік коэффициенті мәндерінің таралуы: 6 саты

Графикалық бейнелеуде басты (горизонтальды) кернеулердің σ_3 максимальды мәндері 2.19-суретте берілген. 2.19-суретте тазартпа қазбасының табаны мен төбесіндегі созушы горизонтальды кернеулермен оларды түсіру аймағының қалыптасуын көреміз (0...-8 МПа) [80, 81]. Бұзылу аймақтарындағы кернеулі жағдайында $\sigma_3 = \lambda \gamma H = 3,4 \dots 4,1$ МПа. Тау сілемінің нүктелеріндегі қауіпсіздік коэффициентінің таралуын аңғаруға болады (2.20-сурет). № 22576 барлау ұңғымасының мәліметтерін есепке қолданылды. 322-Д6-3-3 лавасының бұзылу қадамдарына болжам жасалды. Бұзылу қадамдарының болжамдық мәндері Пак Г.А. әдістемесі бойынша $L_1=10$; $L_2=20$; $L_3=50$ [82, 83].

Серпімді емес деформациялар шартты аймағын анықтау кезінде сандық нұсқасы бұзылу критерийлерінің санын шектемеді, сондықтан ығысу (КулонМор) және сыну (ең үлкен созылу деформациясы) өлшемдерін бір уақытта қолдануға болады. Алайда, барлық жағдайларда олар зерттелген тау жыныстарының тұрақты сипаттамалары бойынша қабылданды. Профессор Цай Б.Н. өз жұмысында [84] уақытша фактордың тау жыныстарының механикалық қасиеттеріне әсерін ескеру мүмкіндігі бойынша бұрын алынған ғылыми алғышарттарды қолдана отырып, тау-кен қазбаларының тұрақтылығын бағалау әдісін жетілдірді. Ол массивтің кернеулі-деформациялы күйі туралы ақпарат негізінде тау жыныстарының беріктік қасиеттерінің реономиясын ескере отырып, қазбаның бұзылу контурының координаттарын анықтау мәселесін шешті. Шешімнің кемшілігі-бұл тау жыныстарының құлау бұрышын, көрші қазбалардың әсерін ескермеген, сондықтан осы бағытта тау жыныстарының құлау бұрышын, көрші қазбалардың әсерін ескеретін қосымша зерттеулер жүргізген жөн.

Қазбаның тұрақтылығына қол жеткізу үшін бекіту арқылы тау жыныстарының жүк көтергіштігін арттыру қажет. Ең тиімді әдіс-тау жыныстарын қазбаға әсер ететін иілу және созылу күшін арттыру. Созылу кернеулерінің әсеріне қарсы қажетті күшейту ең тиімді және тау жыныстарында болат және полимерлі қарнақ шыбықтарын бекіту арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

Қарнақты орнатудың тығыздығын анықтайтын негізгі фактор ретінде қарнақтардың көтергіштігі немесе олардың бастапқы керілуі қабылданады. Сонымен қатар, бекіту кезінде қарнақтардың көтергіштігі мен керілуінің мөлшері өзгеріссіз қалады деп болжанады.

Қарнақтарды орнатқаннан кейінгі бірінші сәтте олардың тау жынысындағы қысымы бастапқы кернеумен анықталады. Содан кейін тау-кен қысымының көтерілуіне қолданылатын күштердің әсерінен бекітпенің реактивті кедергісі артады және ұңғымадағы металдың серпімді созылуы нәтижесінде қарнақ қазбаға қарай жылжиды, ал оның контуры жылжиды [85].

Жылжу кезінде тау жыныстарының кернеулі күйі төмендейді, ал қарнақтың жүктемені қабылдау қабілеті артады.

Бұл процесс бекітпе - тау жынысы жүйесінде тепе-теңдік басталғанға дейін, яғни қарнақтардың реактивтілігі оларға әсер ететін тау қысымының күштеріне тең болғанға дейін дамиды. Егер қарнақ бекітпесі төбе тау

жыныстарының аршылуынан кейін орнатылса және онда қажетті кернеу пайда болса, онда тау жыныстарының қабаттары табиғи байланыста болады және олардың стратификациясының алдын алады. Бұл сондай-ақ, қарнақтық бекітпенің әсерінен тау жыныстарының көтергіш қабілетін арттырады мен тау жыныстары қабатының сырғуы төмендейді.

Қарнақтық бекітпенің көмегімен қазба төбесіндегі тау жыныстарының жеке қабаттарының өзара әрекеттесуі қамтамасыз етіледі. Бұл дегеніміз, кернеудің төмендеу аймағындағы жыныстардың жеке қабаттары қарнақпен тығыздалады, осылайша бұл қабаттардағы тік созылу мен қысудың әсерін болдырмайды және төбенің жүк көтергіштігін қамтамасыз етеді. Сондықтан, жұқа қабатты тау жыныстарында қарнақ көмегімен тау жыныстарының қабаттарын төбеге бекітуге болады, осылайша олардың сілемнен бөлінуіне, өзара жылжуына және тау жыныстарына енуіне жол бермейді. Төбенің тұрақтылығы тау жыныстарының иілу беріктігіне және қосылған қабаттардың санына байланысты болады [86].

Қазба жағдайын жақсартатын маңызды тау-кен факторы-бекітпенің көтергіштігі. Әдетте, бассейн шақтыларында арнайы профильден жасалған аркалы металл бекітпе 1,0-0,5 м-ден кейін (0,3 м-ден сирек) орнатылады, бұл 20-дан 50-70 кН/м²-ге дейін жүктемені қабылдауды қамтамасыз етеді. Тәжірибе көрсеткендей, бекітпенің мұндай реакциясы даму тереңдігінің өсуімен қазбаларды тиімді ұстап тұру үшін жеткіліксіз. Сондықтан шақтыларда бойлық профильдер, гидротіректер немесе үйкеліс тіректері астындағы УКР бекітпесін тазарту жұмыстарының әсер ету аймағында қазбаларды бекітуді қосымша күшейтуге қолданылады, бұл құнын және ұстап тұрудың күрделілігін арттырады. Болатполимерлік қарнақтарды қолдану қабатты төбелік тау жыныстарының доғасы шегінде беріктендіру және қазба контурының негізгі сілемнің контурлық қабатының бір бөлігімен механикалық байланысы есебінен қазбаның тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Қазбаларды қарнақтық бекітуді қолданудың шектеулі көлемінің негізгі себептері:

- қазып алу тереңдігі 600 м-ден асатын кезде тау-кен-геологиялық және тау-кентехникалық жағдайлардың күрделенуі;
- қазбалардың көлденең қимасының ауданы 35-40%-ға өсті, әсіресе лавалардың қазу қазбалары;
- төменгі горизонттардағы қазбалар айналасындағы тау жыныстардағы геомеханикалық процестерді және осы жағдайларда қарнақты бекітпесінің жұмысын жеткіліксіз зерттеу.

Қарнақтық және металл жақтаулық бекітпелердің әртүрлі комбинациялары бар қазбаларға бұрын жүргізілген бірқатар зерттеулер қарнақтық бекітпенің тазарту жұмыстарының әсер ету аймағынан және тыс аймағынан тау-кен қазбаларының пайдалану параметрлерін жақсарту құралы болып табылатындығын анықтауға мүмкіндік берді.

"АрселорМиттал Теміртау" АҚ КД шақтыларында тау-кен қазбаларының қарнақтық бекітілуін енгізу көлемі таза түрінде 22%, ал құрама түрінде - 67

құрайды. Қарнақтық бекітпені кеңінен қолдану үшін оның параметрлерін әзірлеу жағдайларына байланысты негіздеу, мүмкін және тиімді пайдалану саласын анықтау және оны салудың прогрессивті технологиялық схемаларын құру қажет [87].

Бөлім қорытындысы

1. Игеру жағдайларын талдау, қазбалардың айналасындағы тау жыныстарында болатын геомеханикалық процестердің белгіленген заңдылықтары және практикалық тәжірибе шақтыларда қарнақтық бекітпемен кемінде 35-40%, қарнақтық бекітпемен металлрамалық бекітпенің конструкцияларымен үйлескенде - жүргізілетін қазбалардың жалпы ұзындығының кемінде 30-35% сәтті бекітілуі мүмкін деген қорытындыға әкеледі. Қарнақтық бекітпенің неғұрлым сенімді және технологиялық сұлбасы металл ұстағышпен және металл тормен біріктірілген болатполимерлі болып табылады. Рамалық бекітпенің орнына қарнақтық бекітпені қолдану бекіту материалдарының шығынын 1,5-5,0 есе азайтуды, бекітпені жеткізу және тұрғызу бойынша жұмыстардың еңбек сыйымдылығын 16-27%-ға азайтуды және қазбаларды жүргізу жылдамдығын (әсіресе кен алу алаңдарының ішінде) 18-25%-ға арттыруды қамтамасыз етеді. Бекітпелердің қымбаттығына және шақтылардың жұмыс істеудің нарықтық жағдайларына көшуіне байланысты қарнақтық бекітпесін кеңінен қолдану ерекше өзекті болып тұр.

2. Тұжырымдар. 334дб-1-"Қазақстан" шахтасында желдету қуақазын жүргізудің тау-кен-геологиялық және тау-кен техникалық жағдайларын талдау қолайсыз әсер ететін факторлардың арасында мыналар атап өтілді: болжанбайтын ұсақ амплитудалық бұзылыстарды кездестіру мүмкіндігі, Дб қабатынан ашу, геологиялық бұзушылықтың $H=0,9$ м кездесуі, амплитудасы $H=17$ м дейін құлама түріндегі геологиялық бұзушылықтары. Тау жыныстарының бұзылуының қиылысу аймақтарында жарылған, каолизацияланған, тұрақты, опырылуға құлауға бейім.

3 ай ішінде өндіріс жағдайын жергілікті бақылау деформацияның негізгі процестері оны өткізгеннен кейінгі бірінші айда жүретінін көрсетті. Қазбаның оң жақ бүйіріндегі, 324-дб-1-в конвейерлік штрек жағынан кен өндіру жүргізілген қазбаға ығысулардың даму динамикасы келтірілген. Жергілікті бақылаулардың нәтижелері бойынша бақылау станциясын орнатқаннан кейінгі бірінші айда қазбаның жылжуы мен деформациясы 22 мм құрады. Екінші айда қазбаның деформациясы 6 мм болды. Қазбаның жай-күйін бақылаудың үшінші айы ығысулардың 4 мм екенін көрсетті. 3 ай ішінде өндірістің сол жағының жалпы деформациясы мен жылжуы 32 мм болды. Антиклинальды қазбаларда және табанның қатты жыныстарында қазбаның табанына контурлы қарнақты орнатудың үлкен мәні мен әсеріне қол жеткізілді.

3. Жинау-бөлшектеу кенүңгірінің кентірегінен 55-57 м қашықтықта бірінші құлауы орын алып, шақтының маркшейдерлік қызметі бақылауға алды. Тазартпа кенжарының ортасына қарай метанның 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 бұзылуымен газдинамикалық құбылыстың өзара байланысы барын көрсетеді. Тазартпа жұмыстарын жүргізгенде геомеханикалық зерттеумен бірге сандық модельдеу әдістерін қолданудың қажет екендігін аңғартады.

3 КӨМІР АЛЫНҒАН АЙМАҚТЫҢ МАҢЫНДА ӨТЕТІН ҚАЗБАЛАРҒА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

3.1 Геомеханикалық моделдің алгоритмін әзірлеу

Модельдеудің физикалық әдістерімен салыстырғанда сандық геомеханикалық модельдер негізінде тау-кен қазбаларын және тазалау жұмыстарын жүргізу кезінде массивтің тәртібін зерттеу бірқатар артықшылықтарға ие:

- массивтің кернеулі-деформацияланған күйін зерттеуге арналған, әрі ең аз уақыт шығындары;
- модельді әзірлеуге жұмсалатын ең аз қаржылық шығындар;
- бірнеше факторларды ескере отырып, массив жағдайын кешенді зерттеу мүмкіндігі.

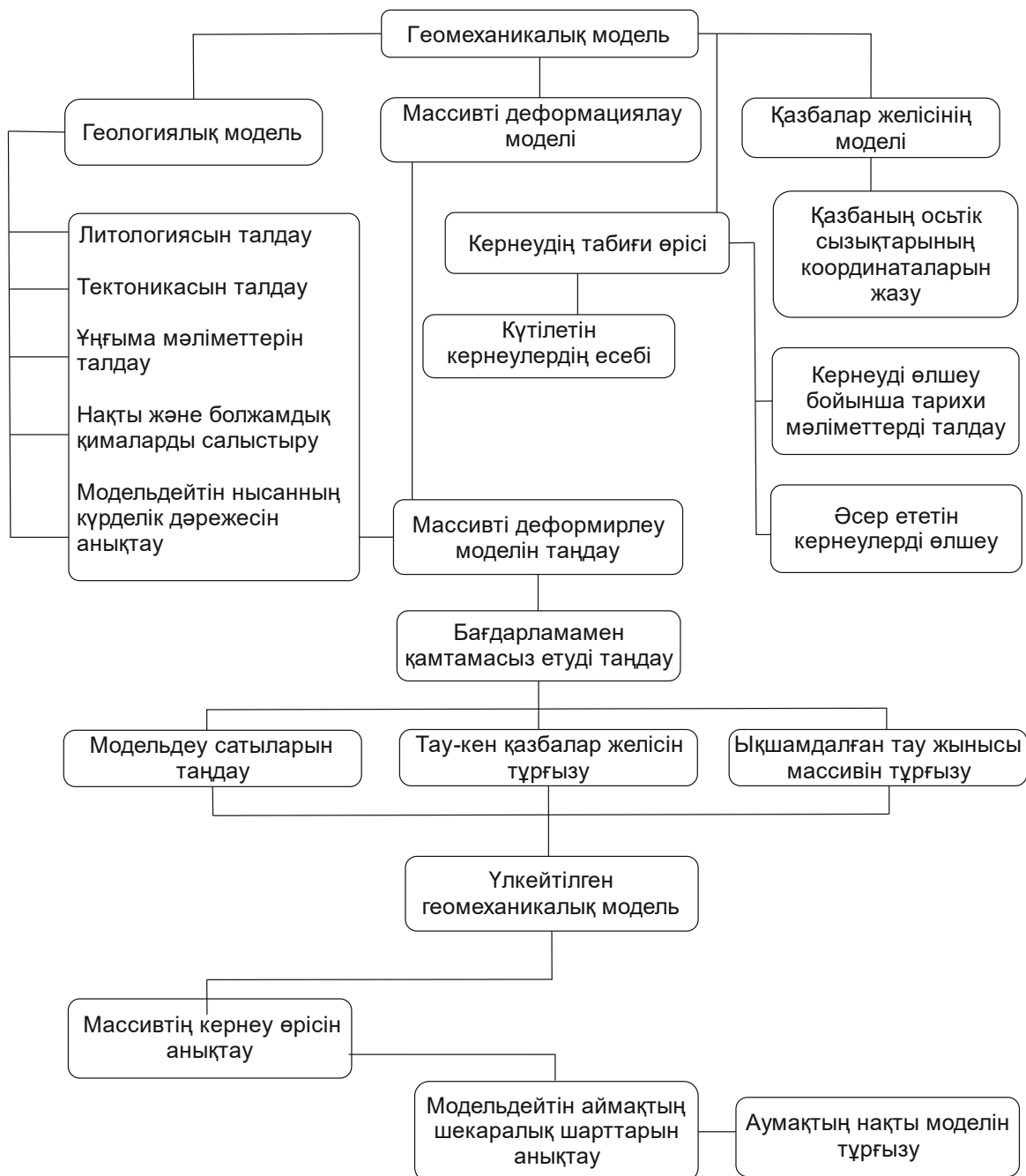
Модельдерге қойылатын негізгі талаптар Л. Б. Розовскиймен жасалды:

- массив моделі пайдалану үшін өте қарапайым және ыңғайлы болуы керек;
- модель жыныстардың құрылымы мен қасиеттерінің барлық маңызды ерекшеліктерін көрсетуі тиіс;
- модель бар әдістермен есептеу үшін жарамды болуы тиіс;
- модельге кіретін параметрлер тәжірибеде қолданылатын әдістермен анықталуы тиіс.

Осылайша, геомеханикалық модельдің келесі алгоритмін жасауға болады (3.1-сурет).

Қазіргі уақытта КДК модельдеу кезінде жартас массивтерінің мынадай модельдері қолданылады:

- тұтас сызықты-серпімді орта;
- жарықтардың тек бір ғана жүйесі дамыған массивтерді сипаттайтын қабатты орта, ал қалған жүйелер әлсіз немесе контактілердің жоғары беріктілік сипаттамалары бар;
- блоктық орта, яғни 2-3 жарықшақтар жүйесі бар орталар, массивтерді шамамен пішіні мен өлшемі бойынша бірдей блоктарға бөлетін;
- тұтас сызықсыз-серпімді орта, яғни дамыған қарқынды хаотикалық жарықшақтығы бар орта немесе 4-6 және одан да көп жарықшақтар жүйесі дамыған, түйіспелер бойынша үйкелудің шамамен бірдей сипаттамасы бар орта.



Сурет 3.1 – Геомеханикалық модель құру алгоритмі

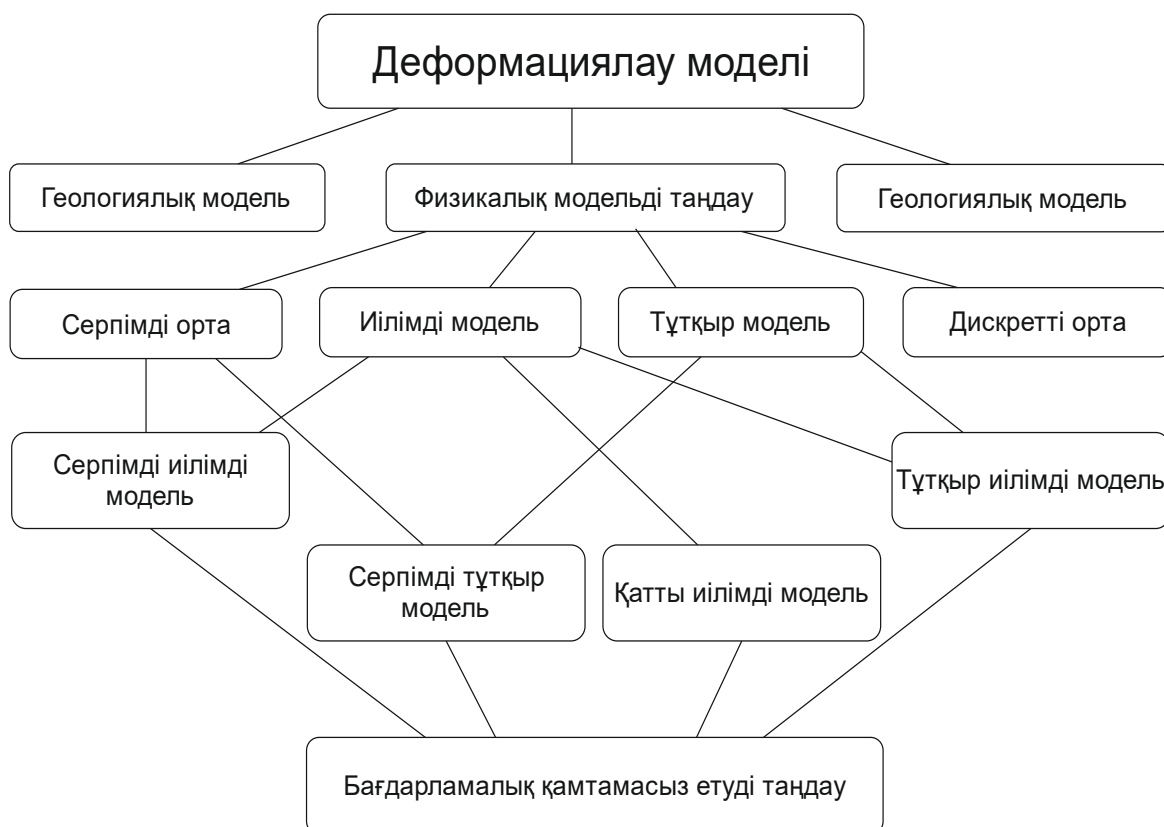
Сандық геомеханикалық модельдің көмегімен келесі мәселелерді шешуге болады:

- тау-кен өндірісін қоршаған және оны жүргізу үдерісімен әлсіреген тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған жағдайын бағалау;
- өңделген тау-кен жұмыстары массивінің деформациясын зерттеу;
- тау-кен қазбаларының бекітпесіне қысымды бағалау, сондай-ақ тау-кен массивінің бекітпесімен бірге деформацияларды бағалау.

Қазбаның тұрақтылығын бағалау кезінде тау-кен массиві өзгеріссіз емес, тау-кен жұмыстарын жүргізу барысында техногенді өзгертетінін ескеру қажет. Өңдеу кезінде тау-кен массивінің беріктілік сипаттамасы төмендейді,

серпімділік жоғалады және икемділік алынады, ал опырылу кезінде массив нөлдік ілінісу мәні бар сусымалы байланысты емес орта жағдайына ауысады.

Сондықтан тау-кен жұмыстарының әр түрлі сатыларында бір тау жыныстары үшін массив сипатын геомеханикалық сипаттау кезінде жүктемемен ортаның түрлі модельдері қолданылуы мүмкін: тұтас біртекті серпімді, тұтас серпімді пластикалық біртекті және біртекті емес, сусымалы. Сонымен қатар, тау-кен жұмыстарын өндіру саласында тау-кен қысымын қалыптастырудың әртүрлі гипотезалары қолданылуы мүмкін (3.2 сурет) [88].



Сурет 3.2 – Математикалық модельді таңдау алгоритмі

Берілген жүктеменің шамасына байланысты геомеханика міндеттері серпімділік теориясының міндеттеріне немесе иілімділік теориясының міндеттеріне байланысты болуы мүмкін. Сондай-ақ массивтің қасиеттеріне, жүктеудің сипатына, бекітпе түріне және оның массивпен бірге деформациялануының сипатына, сондай-ақ шешілетін міндеттерді қоюға байланысты ортаның сипатын бағалауға кешенді көзқарас болуы мүмкін [88, с. 406].

Серпімділік модулінің жоғары мәні бар мықты сілемнің тау жыныстары үшін нақты есептеулер серпімділік теориясының математикалық аппаратын пайдалана отырып, массив қасиеттеріне ие болған кезде алынады.

Серпімділік теориясының теңдеулерін қолдану беріктілігі төмен және серпімділігі төмен жыныстармен қалыптасқан массивтер үшін де дәл, өйткені оларда пластикалық деформациялардың дамуы серпімділік шегінен асып түсетін жүктеме кезінде ғана көрінеді [88, с. 408].

Геомеханикада кеңінен қолданылатын серпімділік теориясының ережелерінің бірі-бұл күштің суперпозициясы принципін, яғни басқа жүктемеден туындайтын деформациялардан бір жүктемеден туындайтын деформациялардың тәуелсіздігін пайдалану мүмкіндігі [88, с. 409].

Егер денеге бірнеше жүктеме болса, онда әрқайсысы өзінің деформациясы мен кернеуіне сәйкес келеді. Нәтижелік деформациялар мен кернеулер массивтің деформациясын жүктемелердің әрқайсысының әрекетінен қосумен анықталады [89].

Изотропты біртекті дененің серпімді деформациясының толық бейнесі келесідей сипатталады (Гук заңы):

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{1}{E} [\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)]; & \varepsilon_y &= \frac{1}{E} [\sigma_y - \mu(\sigma_x + \sigma_z)]; \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{E} [\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)]; & \gamma_{xy} &= \frac{\tau_{xy}}{G}; \gamma_{xz} = \frac{\tau_{xz}}{G}; \gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G}\end{aligned}\tag{3.1}$$

Көбінесе геомеханикалық модельдеудің сандық әдістері тұтас орта механикасына негізделген. Ең танымал әдістермен модельдеудің тұтас құралдары болып табылады:

- шекті айырмашылық әдісі;
- шекаралық интегралды теңдеулер әдісі;
- шекті элементтер әдісі.

Таңдау сол немесе өзге де модельдеу әдісін таңдауға әсер етеді бағдарламалық қамтамасыз ету (3.3-сурет).

Шеткі айырмашылықтар әдісі шеттік есептерді шешудің әмбебап және кеңінен қолданылатын әдістерінің бірі болып табылады. Оның танымалдығы дифференциалдық теңдеулер дискретизациясының салыстырмалы қарапайымдылығымен түсіндіріледі. Әдістің мәні келесідей. Аргументті үздіксіз өзгерту аймағы тор деп аталатын түйіндердің соңғы (дискретті) жиынымен алмастырылады. Үздіксіз аргумент функциясының орнына тор тораптарында ғана анықталған функцияларды, тор функцияларын қарастырады. Дифференциалдық теңдеуге және шектік жағдайларға кіретін туындылар олардың айырмаларымен ұқсас-тордың кейбір тораптарындағы тор функциялары мәндерінің сызықтық комбинацияларымен алмастырады. Нәтижесінде шектік есепті дискретті шеттік тапсырмамен (айырымдық схемамен) ауыстырады, ол сызықтық немесе сызықты емес алгебралық теңдеулердің соңғы санының жүйесін білдіреді. Айырымдық схеманың шешімін (ол бар деп болжанады) шектік есептің жуықтап шешілуіне қабылдайды [88, с. 410].



Сурет 3.3 – Бағдарламалық жасақтаманы таңдау алгоритмі

Әдістің қарапайымдылығына қарамастан, оны пайдалану кезінде бірқатар мәселелерді шешуге тура келеді. Мысалы, бір шеттік міндет үшін әртүрлі схемалардың көп санын құруға болатынын есте ұстау керек, олардың арасында практикада қолдануға жарамды емес [88, с. 411].

Шекті айырмашылық әдісі Itasca компаниясының FLAC бағдарламалық қамтамасыз ету негізіне алынған.

Шекаралық элементтер әдісі (ШекЭӘ)-бұл аппроксимацияның қазіргі заманғы теориясы әдістерімен әлеует теориясы идеяларының үйлесуі нәтижесінде пайда болған жеке туынды дифференциалдық теңдеулер үшін шеттік есептерді шешу әдісі. ШекЭӘ, аппроксимация теориясы тұрғысынан, соңғы элементтердің кең танымал әдісі бар жалпы белгілері бар, бірақ одан айтарлықтай артықшылығы бар: дискретизация әдетте шешім іздеген облыс ішінде емес, оның шекарасында жүзеге асырылады. Мұндай жеңілдетуге потенциал теориясына тән түрдегі шешім ұсыныстарының көмегімен бастапқы дифференциалдық теңдеулерді дәл қанағаттандыру жолымен қол жеткізіледі. Көрсетілген көріністер қаралатын дифференциалдық теңдеулер үшін айқын түрде яғни дәл немесе жуық іргелі шешімдер немесе Грин функциялары белгілі болғанда және тиісті потенциалдардың шекаралық қасиеттері зерттелген жағдайда ғана ШекЭӘ шеңберінде пайдаланылуы мүмкін [87, б. 184].

Шешім ұсыну формулаларында шекарадан шекті өту жолымен шектік интегралдық теңдеулер (ШИТ) алынады, олар ШЭӘ аппроксимациясының негізгі объектісі болып табылады. Бұл тағы бір ШЭӘ атауы - шекаралық интегралды теңдеулер әдісі. Серпімділік теориясында және

деформацияланатын қатты дене механикасының басқа бөлімдерінде пайда болатын ШИТ жиі сингулярлы интегралды теңдеулер болып табылады [7, р. 631; 9, с. 38].

Шеткі элементтер әдісін қолдану есептеу санын айтарлықтай қысқартуға мүмкіндік береді. Шеткі элементтер әдісінің артықшылықтары оның жылдам дамуына ықпал етті.

Шеткі элементтер әдісі (ШЭӘ)-бұл жеке туындысы бар дифференциалдық теңдеулерді, сондай-ақ қолданбалы физика есептерін шешу кезінде туындайтын интегралдық теңдеулерді шешудің сандық әдісі. Әдіс деформацияланатын қатты дене механикасы, жылу алмасу, гидродинамика және электрлі-динамикалық есептерін шешу үшін кеңінен қолданылады [9, с. 39].

Әдістің мәні оның атауында және дифференциалдық теңдеулердің шешімі ізделетін аймақ қосалқы бөлшектердің (элементтердің) соңғы санына бөлінеді. Әрбір элементте аппроксимациялық функцияның түрі ерікті түрде таңдалады. Қарапайым жағдайда бұл бірінші дәрежелі теңдеу. Элементтен тыс аппроксимациялық функция нөлге тең. Элементтердің шекарасындағы (тораптарда) функциялардың мәні міндетті шешу болып табылады және алдын ала белгісіз. Аппроксимациялайтын функциялардың коэффициенттері әдетте элементтер арасындағы шекараларда (тораптарда) көршілес функциялардың мәндерінің теңдік жағдайынан іздейді. Содан кейін бұл коэффициенттер элементтердің тораптарындағы функциялардың мәндері арқылы көрсетіледі. Сызықты алгебралық теңдеулер жүйесі құрастырылады. Теңдеулердің саны бастапқы жүйенің шешімі ізделетін тораптардағы белгісіз мәндердің санына тең, элементтер санына тікелей пропорционалды және тек ЭЕМ мүмкіндіктерімен шектеледі. Әрбір элементтің көршілес шектеулі санымен байланысты болғандықтан, сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесі сиретілген түрге ие, бұл оның шешімін жеңілдетеді [51, с. 69].

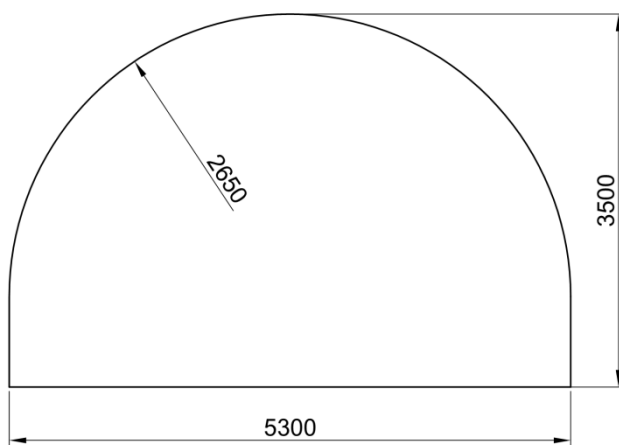
Егер матрицалық терминдерде айтатын болсақ, онда қаттылық матрицалары немесе Дирихле матрицасы және массалар деп аталады. Бұдан әрі осы матрицаларға шекаралық жағдайлар қойылады (мысалы, матрицаларда Нейман жағдайында ештеңе өзгермейді, ал матрицаларда Дирихле жағдайында шекаралық тораптарға сәйкес келетін жолдар мен бағандар сызылады, себебі шеттік жағдайларға байланысты шешімнің тиісті компонентінің мәні белгілі). Содан кейін сызықтық теңдеулер жүйесі жиналады және белгілі әдістердің бірімен шешіледі.

Есептеу математикасы тұрғысынан, шеткі элементтер әдісінің идеясы Вариациялық есептің функционалын барынша азайту, олардың әрқайсысы өзінің кіші буынында анықталған функциялар жиынтығында жүзеге асырылады, жүйені сандық талдау үшін оны диакоптиканың нақты тармағының бірі-оларды бөлу арқылы жүйелерді зерттеудің жалпы әдісі ретінде қарастыруға мүмкіндік береді [61, р. 50].

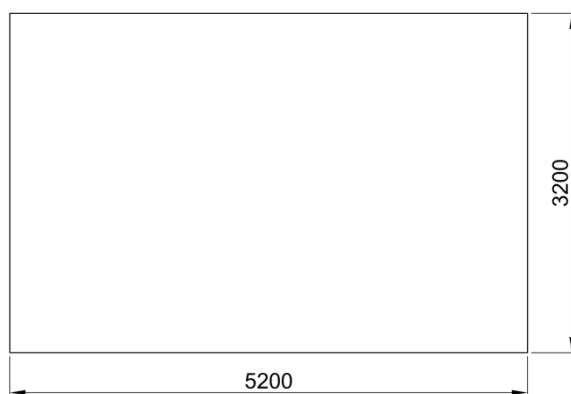
Соңғы келтірілген әдіс кең таралған. Нарықта ANSYS, FIDESYS, ABAQUS, RS³, RS², PLAXIS және т.б. сияқты белгілі бағдарламалық қамтамасыз етудің өндірушілері бар.

3.2 Қазбалардың модельдерін тұрғызу

Барлық қазбалардың көлденең қимасына байланысты шартты түрде екі түрге бөлуге болады: доғалық (3.4-сурет) пен тіктөртбұрыш (3.5-сурет) қималар.



Сурет 3.4 – Доға пішіндегі тау-кен қазбасының көлденең қимасы



Сурет 3.5 – Тау-кен қазбасының тіктөртбұрышты пішіндегі көлденең қимасы

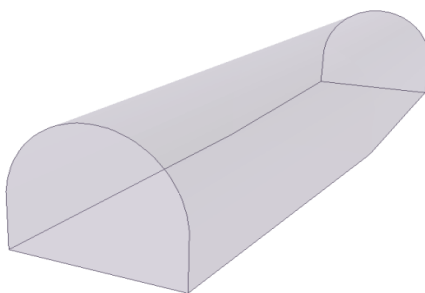
Доға тәрізді қиманың шахталық қазбалардағы көлденең қимасының ауданы 15,5 м², ал төртбұрышты қиманың ауданы 16,6 м².

Жүргізілген және жобаланатын қазбалар бойынша мәліметтерді талдау кезінде болжамды геологиялық қималар әрқашан растала бермейтінін көрсетеді. Қазба жұмыстары барысында болжау мүмкін емес геологиялық бұзылыстар ашылады [72, р. 3].

Әрі қарай модельдеу үшін әрбір қазба үшін осьтік сызықтардың координаталарын анықтау қажет (3.6-сурет). Тау-кен қазбасының моделі осьтік сызыққа негізделген шеткі элементтердің контурынан және тау-кен қазбасының таңдалған көлденең қимасының пішінінен тұрады (3.7-сурет).



Сурет 3.6 – Тау-кен қазбасы желісін құру алгоритмі



Сурет 3.7 – Қазба моделі

Осылайша, қазбалар желісін тұрғызу үшін вертикальды геологиялық қимасымен (болжамдық немесе нақты), тау-кен қазбаларының жоспарының болуы жеткілікті [72, р. 4].

3.3 Геомеханикалық модельге қойылатын талаптар

Қазіргі уақытта дифференциальдық теңдеулерді шешудің бірнеше әдістері мен тәсілдері бар, тиімді қолдануымен қатар алынған нәтижелердің дәлдігімен ерекшеленеді. Тазартпа қазбасының маңайындағы тау

жыныстарының кернеулі-деформациялы күйін сипаттайтын дифференциальдық теңдеудің ерекшелігін ескеріп, оны шешу әдісіне келесі талаптар қойылады:

1. Массивтегі тау жыныстарының деформация мен кернеулерін есептеу процесін толық автоматтандыру мүмкіндігі. Тазартпа қазбасын қарастырғанда көп көлемдегі сандық мәліметтермен математикалық операциялар орындалуы қажет.

2. Тау жынысы механикасының практикалық есептерді шешкенде есептеудің жеткілікті дәлдігі керек.

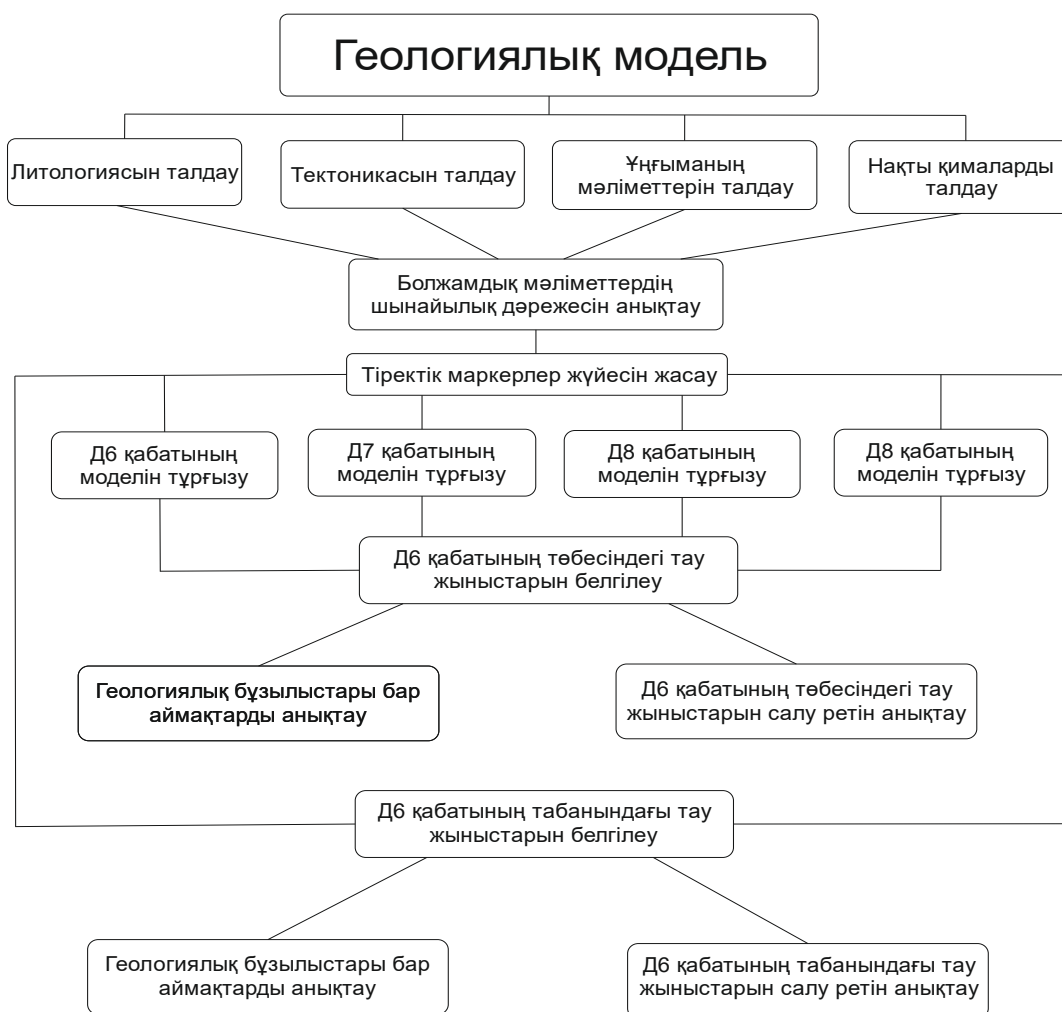
3. Көлемдік тапсырмалардың шешу мүмкіндігі.

4. Қимадағы, әрі жоспардағы күрделі геометриялық пішінді қазылған кеңістік пен тау-кен қазбасы үшін шешімдерді табу мүмкіндігі.

5. Ағымдағы процестердің нақты физикалық интерпретациясының болуы.

3.4 Тау сілемінің геологиялық модельдерін тұрғызу

Қазбалар желісін тұрғызу үшін геологиялық қималар мен тау-кен қазбалары жоспарының болуы жеткілікті болса, ал аймақтың геологиялық моделін тұрғызу үшін қолдағы бар мәліметтердің интерполяциясы бойынша қосымша жұмыстарды атқаруға тура келеді (3.8-сурет).



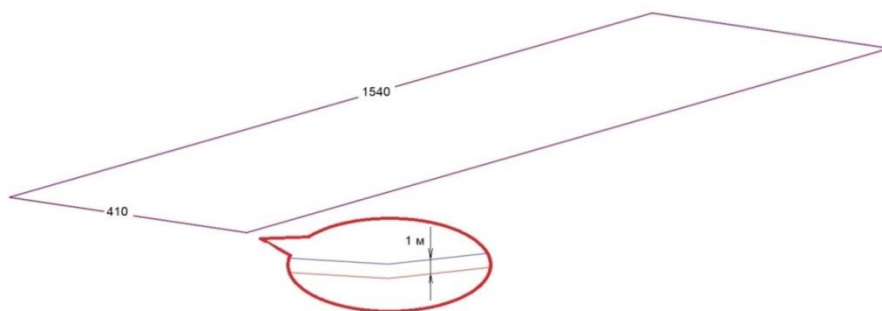
Сурет 3.8 – Геологиялық моделді тұрғызу алгоритмі

Қарастырылған отырған аймақтағы қазып өтілген қазбаларды талдау көрсеткеніндей, болжамдық геологиялық қималар нақты мәліметтермен әркез сәйкес келе бермейді [7, р. 633; 9, с. 38].

Геологиялық ұңғымаларды талдау көрсеткеніндей, қабаттардың қалыңдығы олардың ұзындығынан салыстырмалы түрде бірнеше есе кем, сондықтан жазық беттерді триангуляциялау кезінде қосымша қиыншылықтар тудырады. Қиыншылықтар келесі болып табылады:

Кейбір қабаттардың қалыңдығы 1 метрден кем. Қарастырылып отырған аймақтың ұзындығы 1540 м, және ені 410 тау жынысы қабатының төбесі мен табанының қалыңдығы 1 метрден кем болғанда барлығы бір жазықтыққа бірігіп кетеді (3.9-сурет). Модельдейтін қабаттардың қалыңдығы модельді құрайтын элементарлық денелердің өлшеміне тәуелді болады [66, р. 2].

Тау жыныстары сілемін және барлық белгілі литологиялық айырмашылықтарды дұрыс модельдеу үшін элементарлық денелердің өлшемдері объектінің минималды өлшемінен аз болуы керек. Сондай-ақ, үшбұрыштардың өлшемдері 1 м-ден аз болуы керек. Бұл жағдайда 3.9-суретте көрсетілген нысанды модельдеу үшін қабырғалары 1 м болатын 1 200 000 астам үшбұрыш салу қажет болады. Орташа алғанда әр түрлі тау жыныстарының 100-ден астам қабаты бар екенін ескерсек, онда қарастырылып отырған аумақты модельдеу үшін 126 000 000 элементтен тұратын модель салу қажет болады. Бұл жағдайда біз бұзылмаған сілем туралы айтып отырмыз, яғни қазбалардың геометриясы ескерілмейді. Модельге жұмыстардың геометриясын енгізу элементтердің санын айтарлықтай арттырады. Қазіргі заманғы компьютерлердің мүмкіндіктерін ескере отырып, мұндай модель есептеуде кейбір қиындықтарды тудырады деп қорытынды жасауға болады [9, с. 39; 66, р. 3].



Сурет 3.9 – Қалыңдығы 1 м қабаттың жалпы көрінісі

Компьютерлер мен бағдарламалық қамтамасыз етудің нақты мүмкіндіктерін және тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерінің ерекшеліктерін ескере отырып, қарастырылып жатқан аймаққа жақын массивтің геомеханикалық күйін модельдеу үшін келесі алгоритм ұсынылады:

Модельдеу аймағының шекаралық шарттарын анықтау үшін біртекті орта ретінде имитацияланған аймақтың үлкейтілген моделін құру ұсынылады.

Бұл жағдайда тау жыныстарының қалың қабаттарын (10 м-ден астам) есепке алуға болады. Физикалық-механикалық тау жыныстарының бұрын жүргізілген талдаулары бойынша (3.6-кесте) олардың параметрлерінің интервалдары өте жақын. Мәселен, мысалы, көмір мен алевролиттердің Пуассон коэффициенті бір аралықта анықталады. Құмтастардың, алевролиттердің, аргиллиттердің серпімділік модульдері 8500-ден 10500 МПа-ға дейінгі жалпы мәндердің аралығынан табылады. Аргиллиттер мен алевролиттерде серпімділік модульдері 4300-ден 10500 МПа-ға дейінгі жалпы интервалға ие. Ілінісуге қатысты құмтастар мен алевролиттердің жалпы мәндерінің диапазоны 7,6-дан 17,5 МПа-ға дейін. Көмір мен аргиллиттердің жалпы ілінісу мәндері 2,5-тен 3,2 МПа-ға дейінгі аралықта болады. Ішкі үйкеліс бұрышы бойынша құмтастар, алевролиттер, аргиллиттер 25-тен 39 градусқа дейінгі жалпы мәндердің диапазонына ие.

Осылайша, тау жыныстары сілемінде әсер етуші кернеулерді анықтау үшін физикалық-механикалық қасиеттерінде шамалы айырмашылықтары бар әртүрлі қабаттарда бірқатар сандық тәжірибелер жүргізу қажет. Ірі тектоникалық бұзылыстарды геомеханикалық модельге қосу керек (3.1-кесте).

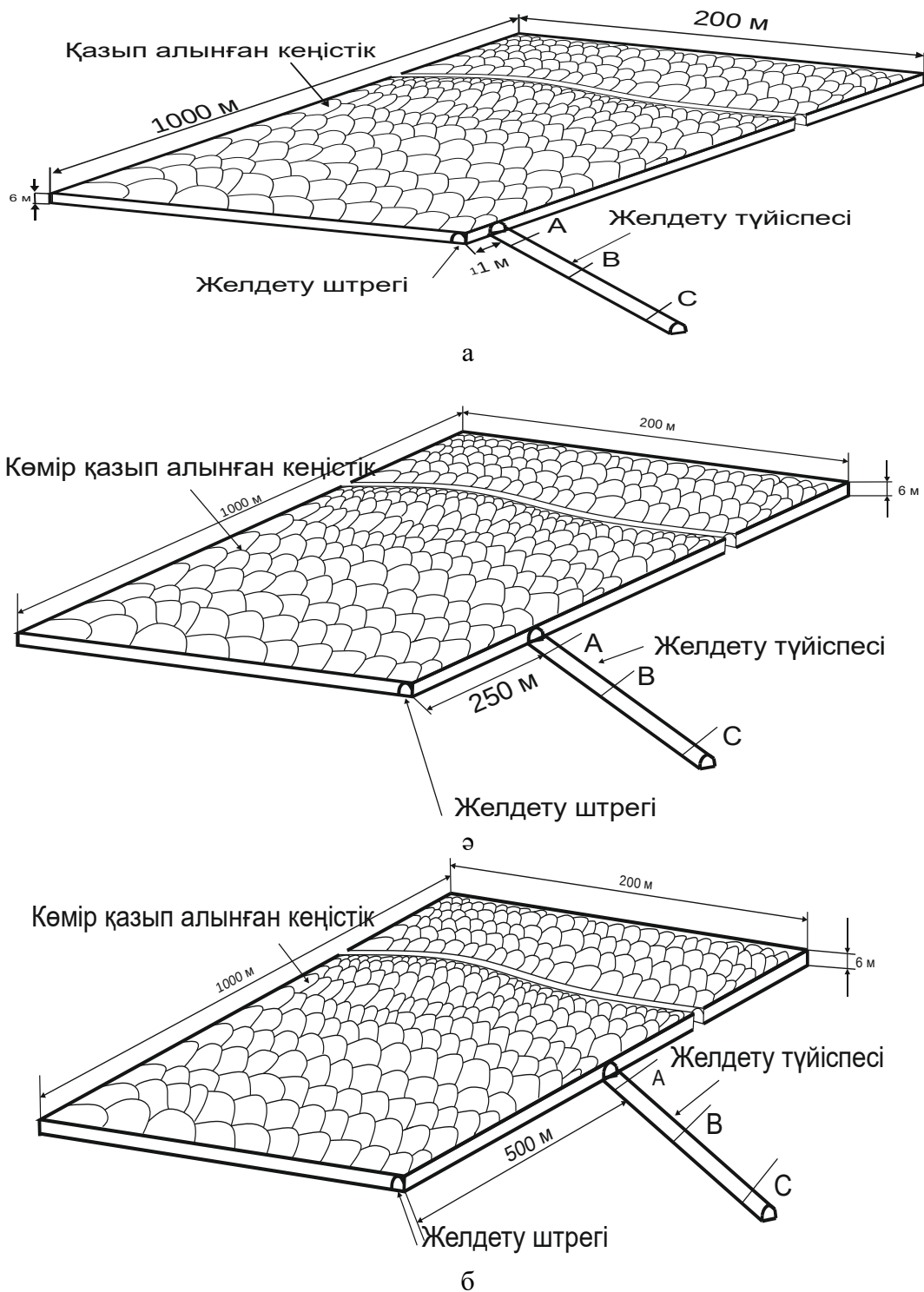
Кесте 3.1 – Тұтастығын бұзу сипаты бойынша массивтердің жіктелуі

Массивтің тұтастығын бұзу сипаты	Ұсақтау аймағының қалыңдығы немесе жарықшақтың ені	Бұзылулар мен жарықтар ұзындығы
Сынықтар I тәртібі – тереңдік, сейсмогендік	Жүздеген және мыңдаған м	Жүздеген және мыңдаған км
Сынықтар II тәртіппен – тереңдік, сейсмогендік емес немесе кейде сейсмогенді	Ондаған және жүздеген м	Ондаған және жүздеген км
Сынықтар III тәртіппен	Метрлер и ондаған м	Километрлер и ондаған км
Сынықтар IV тәртіппен	Ондаған және жүздеген см	Жүздеген және мыңдаған м
Ірі жарықшақтар V тәртіппен	20 мм артық	10м артық
Орташа жарықшақтар VI тәртіппен	10-20 мм	1-10 м
Ұсақ жарықшақтар VII тәртіппен	2-10 мм	0,1- 1,0 м
Жұқа жарықшақтар VIII тәртіппен	2 мм кем	0,1 м кем

Үлкен тектоникалық бұзылуларды модельдеу кезінде олар көбінесе берілген беріктік сипаттамалары бар материалдар ретінде алынады. Беріктік сипаттамалары тау сілемі үшін анықталады. Егер қазып өтілген қазбалар болса және ұңғымаларды бұрғылау мүмкіндігі болмаса, физикалық-механикалық қасиеттерін далалық әдістермен анықтауға рұқсат етіледі. Нәтижелердің сенімділігі интерпретатордың тәжірибесі мен шеберлігіне байланысты болатынын есте ұстаған жөн [7, р. 634].

3.5 Көмірі алынған алабтың желдету түйіспелеріне әсерін зерттеу

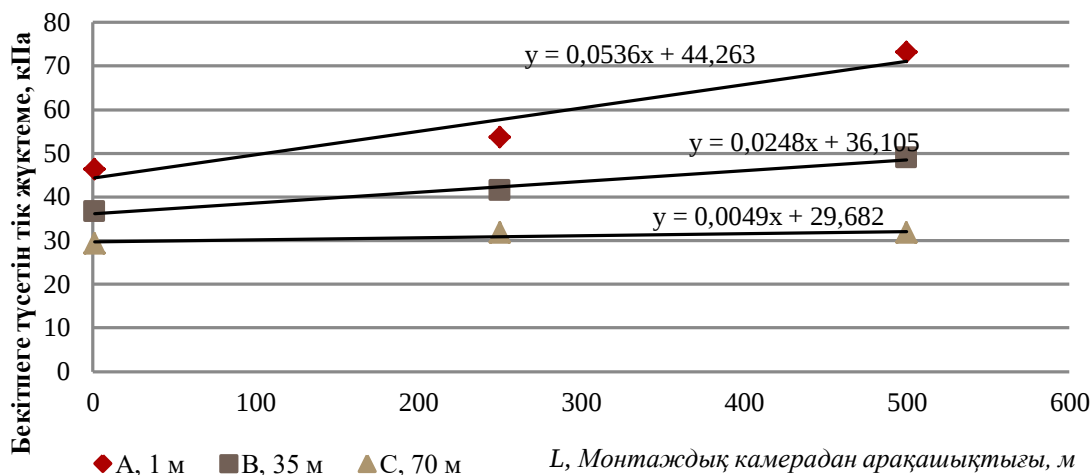
Шартты модельді ұзындығы 1000 метр, ал ені 200 метр, қалыңдығы 6 метр қылып алынды. Көмір қазып алынған кеңістікті нормаль осі бойынша бойлай желдету түйіспесі орналастырылды, ал желдету штрегі кеңістікке жапсарласа орналастырылды (3.10-сурет).



а – 1 м; ә – 250 м; б – 500 м жылжитқандағы көрінісі

Сурет 3.10 – Көмір қазып алынған кеңістігін бойлай орналасқан желдету түйіспесі

Үш жағдайда қарастырылды: біріншісі – көмір қазып алынған кеңістіктен 1 метр желдету түйіспесін орналастырып, екінші жағдайда, 250 метрге жылжытып, сосын ортасына 500 метрге жылжытып медельденді. Суреттегі А, В, С қималары бойынша желдету түйіспесіне түсетін жүктемелер есептелінді, тік және көлденең ығысулар ғылыми зерттеу міндеттемелер сәйкес орындалды (3.11-сурет).



Сурет 3.11 – Желдету штрегінен түйіспесіне дейін арақашықтық пен желдету түйіспесіне түсетін тік жүктеменің тәуелділігі

Бекітпеге түсетін тік және бүйірлік жүктемелерді келесі (3.1), (3.2)-формулалар бойынша есептелді:

$$P_T = \gamma H \quad (3.1)$$

$$P_6 = A\gamma(h - y + h_3)tg^2 \frac{90^\circ - \varphi}{2} \quad (3.2)$$

мұнда H – серпімді емес деформация аймағының биіктігі;

γ – тау жынысының көлемдік салмағы;

A – әдістеме бойынша анықталатын коэффициент;

y – сол нүктесіндегі координата жүйесіндегі, ординатасы;

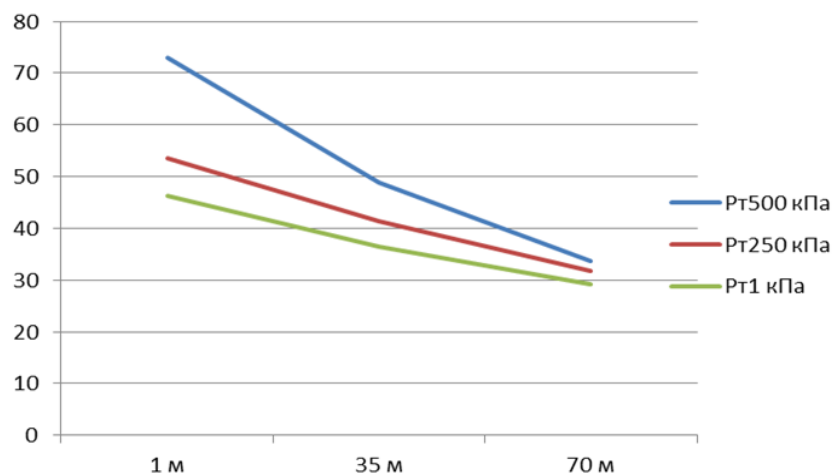
h_3 – салмақтың эквиваленттік биіктігі;

φ – ілінісу бұрышы.

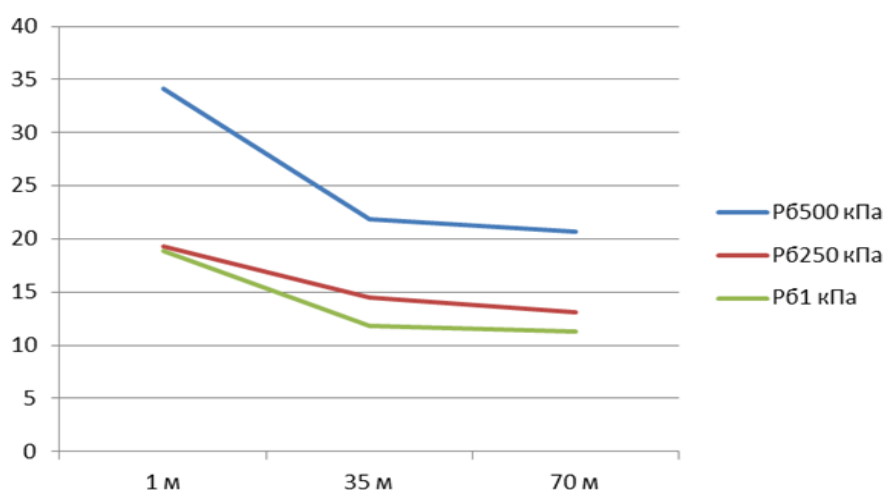
Бекітпеге түсетін тік және бүйірлік жүктемелер серпімсіз деформациялар шартты аймағының биіктігіне байланысты формуламен анықталды (3.2-кесте, 3.12, 3.13-суреттер), бейнеленген.

Кесте 3.2 – Бекітпеге түсетін тік және бүйірлік жүктеменің нәтижелері

Р _т , кПа	1 м	35 м	70 м	Р _б , кПа	1 м	35 м	70 м
Р _{т500} , кПа	73,08	48,9	33,73	Р _{б500} , кПа	34,12	21,84	20,73
Р _{т250} , кПа	53,6	41,48	31,71	Р _{б250} , кПа	19,32	14,52	13,15
Р _{т1} , кПа	46,35	36,54	29,28	Р _{б1} , кПа	18,84	11,79	11,34



Сурет 3.12 – Бекітпеге түсетін тік жүктеменің арақашықтыққа тәуелді өзгеруі

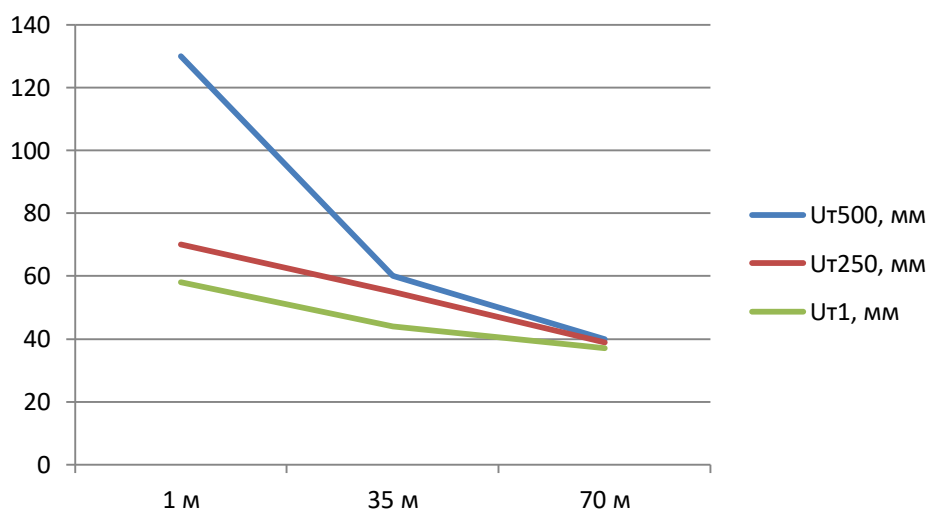


Сурет 3.13 – Бекітпеге түсетін бүйірлік жүктеменің арақашықтыққа тәуелді өзгеруі

Ал тік және көлденең ығысуларды әр А, В, С қималарына сәйкес жүктеменің мәндері арқылы есептеп алынды (3.3-кесте, 3.14, 3.15-суреттер).

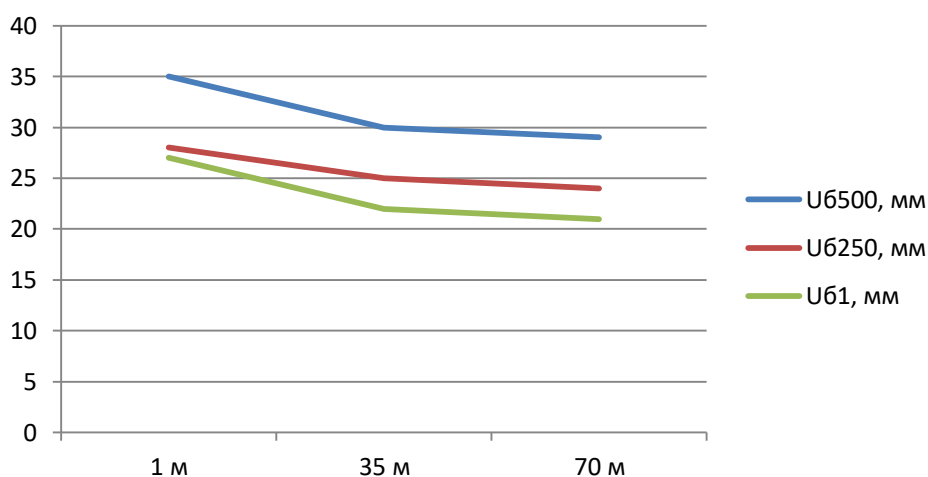
Кесте 3.3 – Тік және бүйірлік ығысулардың арақашықтыққа тәуелді өзгеруі

L, м	1 м	35 м	70 м	L, м	1 м	35 м	70 м
U _{т500} , мм	130	60	40	U _{б500} , мм	35	30	29
U _{т250} , мм	70	55	39	U _{б250} , мм	28	25	24
U _{т1} , мм	58	44	37	U _{б1} , мм	27	22	21



Сурет 3.14 – Тік ығысудың арақашықтыққа тәуелді өзгеруі

Тік ығысулардың мәні 130-37 мм аралығында тербеледі, ал көлденең ығысулар 35-21 мм аралығында болады.



Сурет 3.15 – Бүйірлік ығысудың арақашықтыққа тәуелді өзгеруі

Тік және бүйірлік жүктемелер есептелініп анықталғаннан кейін металл аркалы бекітпенің параметрлері есептелініп анықталды (3.4-кесте).

Кесте 3.4 – Металл аркалы бекітпенің параметрлері

Арақашық тығы	P_t – тік жүктеме кПа	P_b – бүйірлік жүктеме кПа	ℓ_v – тау жынысының бұзылуы мүм кін тереңдігі, м	Бекітпеге түсетін жүктеме $P = \max$ $\{P_b; P_t\}$ – кПа	Бекітпенің қадамы $r = P/p_H$ рам/метр
1	2	3	4	5	6
500 – 1 метр	73,08	34,12	2,85	73,08	0,5
500 – 35 метр	48,9	21,84	2	48,9	0,75
500 – 70 метр	31,71	21,73	1,3	31,71	1

3.4-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
250 – 1 метр	53,6	19,32	2,2	53,6	0,75
250 – 35 метр	41,48	14,56	1,7	41,48	1
250 – 70 метр	31,71	13	1,3	31,71	1
1 – 1 метр	46,35	21,84	1,9	46,35	0,75
1 – 35 метр	36,54	11,34	1,5	36,54	1
1 – 70 метр	29,28	11,79	1,2	29,28	1

Қарнақ бекітпе үшін жеке есептелініп параметрлері модельдеу мен есептеу арқылы анықталды, нәтижелері төменлегі кестде келтірілген (3.5-кесте).

Кесте 3.5 – Қарнақ бекітпенің параметрлері

L, арақашықтығы, м	ℓ_a -қарнақ ұзындығы, м	ℓ_b – тау жынысының бұзылуы мүмкін тереңдігі, м	P_k - қарнақ бекітпесінің орнату тығыздығы дана/м ²	аа – қарнақтар арасындағы арақашықтық (м)	P_k – қарнақ саны, дана	Ск – бекіту қадамы қарнақтар қатарының арасындағы арақашықтық, м
500 – 1 метр	3,6	2,85	1,33	0,7	8	0,8
500 – 35 метр	2,7	2	1,2	0,8	8	0,8
500 – 70 метр	2	1,3	1,1	0,9	7	0,95
250 – 1 метр	2,9	2,2	1,2	0,8	8	0,8
250 – 35 метр	2,4	1,7	1,2	0,8	8	0,8
250-70 метр	2	1,3	1,2	0,8	8	0,8
1 – 1 метр	2,5	1,9	1,2	0,8	8	0,8
1 – 35 метр	2,1	1,5	1,1	0,9	7	0,95
1 – 70 метр	1,8	1,2	1	0,95	6	1

Қарнақтардың ұзындығы 3,6-1,8 метр аралығында, ал қарнақтардың қадамы 0,7-0,95 метр, қарнақтың саны 6-8 дана аралығында болды.

3.6 Көмірі алынған ауданға жанасып орналасқан қазбаға әсерін зерттеу

Қазіргі уақытта компьютерлік модельдеудің дамуы кезінде модельдеуді қолданбай жобалық шешімдерді қабылдау жерасты пайдалы қазбаларды толыққанды өндіруді, өндірістің қауіпсіздігі мен экономикалық тиімділігін

төмендетуге алып келеді. Бұл әсіресе күрделі геологиялық құрылысы бар терең орналасқан шоғырлар үшін өзекті.

Сандық әдістерді соңғы онжылдықтарда есептеу техникасының дамуына байланысты жиі қолданып жатыр. Сандық әдістерді кең мағынада байланысқан және байланыспаған (дискреттік) деп жіктеуге болады. Геомеханикада есептерді бағалау үшін біраз әдістер бар. Өте маңызды, әрі көбірек қолданатын әдістердің түрі: байланысқан модельдер үшін – шеткі айырмашылықтар әдісі (ШАӘ), шеткі элементтер әдісі (ШЭӘ) және шекаралық элементтер әдісі (ШекЭӘ); дискреттік үшін – дискреттік элементтер әдісі (ДЭӘ), дискреттік деформациялық анализ (ДДА) және байланысқан бөлшектер моделі (ББМ).

Бұл ғылыми еңбекте тау сілемінің кернеулі-деформациялы күйін анализдеу үшін шеткі элементтер әдісі қолданды, осыған ұқсас есептерді модельдеуді іске асыру үшін сенімді, әрі қолжетімді құрал ретінде өзін көрсетті [23, с. 27].

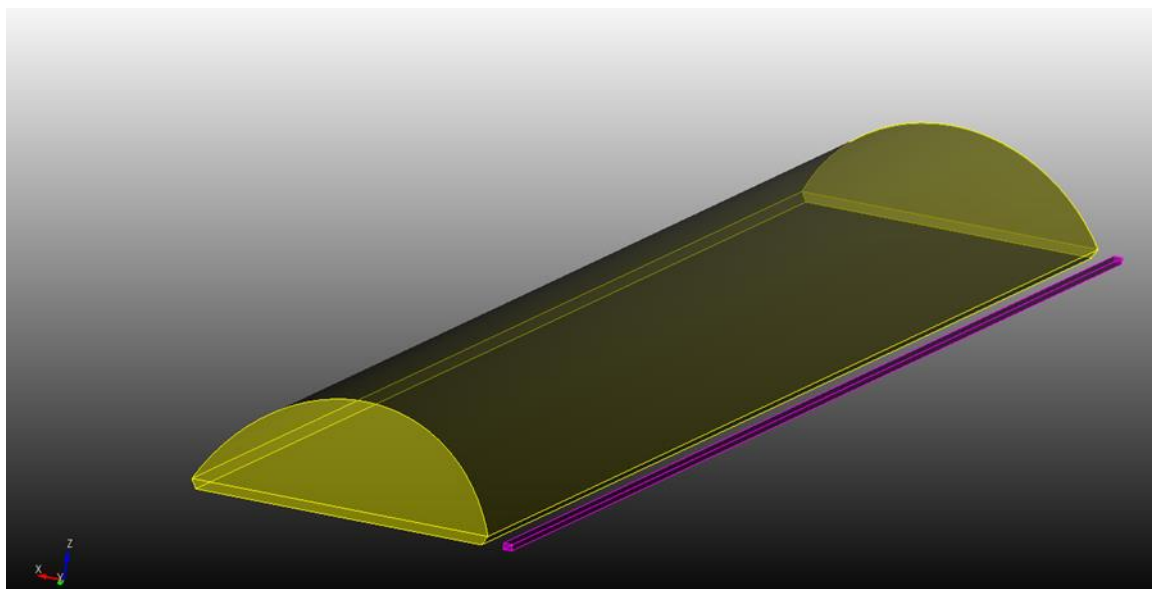
Карьер борттарының тұрақтылығы мен жер бетінің отыруын бағалау үшін, блокты және жарықшақты массивтің орнықтылығын есептеуге ШЭӘ пайдаланады [12, р. 109]. Қарағанды көмір бассейнінде орналасқан «Қарағанды» шахтасындағы желдету түйіспесіне кернеулі-деформациялық күйін және тау сілемінің тұрақтылығын ШЭӘ бағалады.

Бұл алдын ала анализде тазартпа кеңістігі мен қазба қарастырылады. Бұрғыланған ұңғымалардан алынған кернді сынау арқылы өзекті физикалық-механикалық қасиеттерін аламыз. Алынған геотехникалық ұңғыманың сипаттамасы мен физика-механикалық сынамалардың нәтижелерін геотехникалық есептер үшін, арнайы геологиялық тау-кен ақпараттық жүйесінің ортасында блоктық геомеханикалық модельдің аймақтарын тұрғызуға және тұрақтылығын анализдеуге қолданады. Бұрын жасалған геотехникалық зерттеулердің нәтижелеріне сүйеніп қазбаның орны мен оның параметрлерін таңдап негізге алынды.

Тау сілемі үшін Q Бартон рейтингісін нақтылап, блоктық геомеханикалық модельмен интеграциялап CAE Fidesys-те сандық модель аймақтарын тұрғызу нәтижелерін ағымдағы зерттеу шеңберінде қарастырамыз. Сандық модель көмегімен деформациялардың таралуын және басты кернеулерді бағалау жұмыстары атқарылды [76, с. 40; 78, р. 2].

Модельдеу әдістемесі

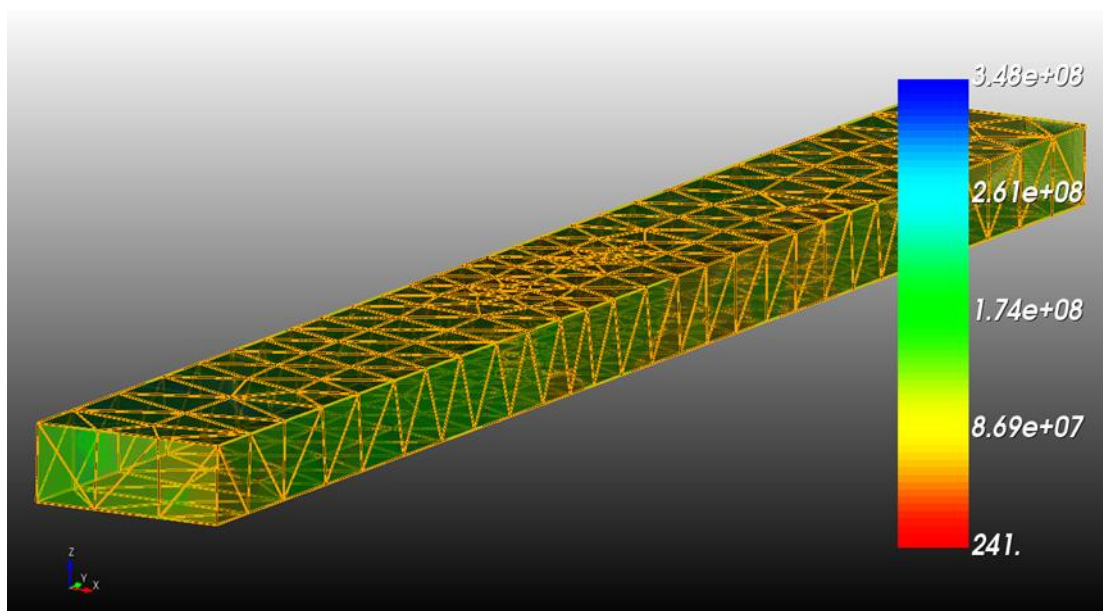
Шеткі эффекттердің әсерін болдырмас үшін үлкен көлемді модель жобаланды (3.16-сурет).



Сурет 3.16 – Тазартпа кеңістігі және дайындық қазбаның үшөлшемді моделі

Модель салынған CAE Fidesys бұлдік операциялар орындалды. Сонымен қатар көлемдерді реттеу мен оптимизация операциялары іске асырылды. Шеткі элементтерді торлау бағдарламаның арнайы модулі арқылы автоматты түрде торлап кернеудің концентрациясы бар жерлерде торлар ұсақталып жиілей түседі. Модельдегі шеткі элементтердің саны 3221, ал түйіндер саны 787.

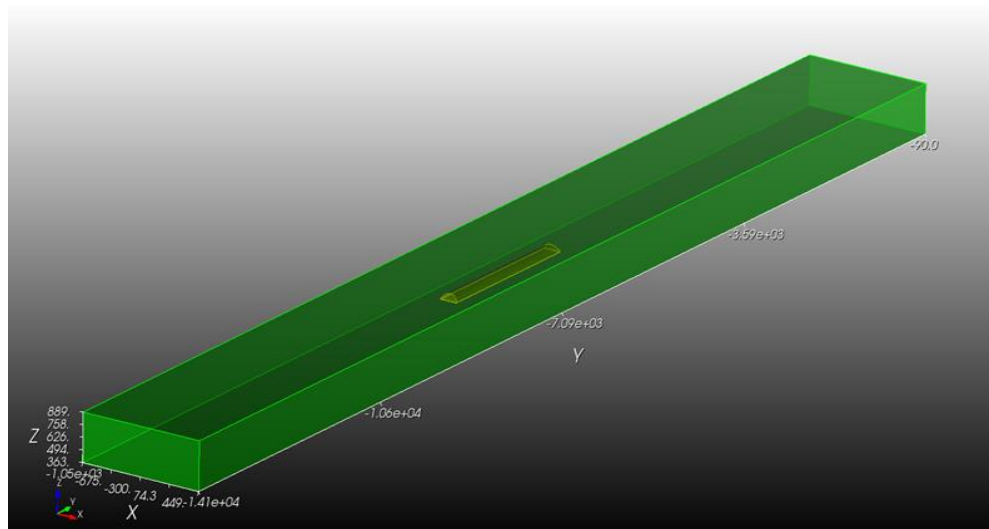
Шеткі элементтер торының сапасын тексергеннен кейін материалдардың параметрлерін тағайындалды (3.17-сурет) [76, с. 41].



Сурет 3.17 – Шеткі элементтердің тор сапасын бағалау және тордың ұсақталып жиіленген жеріндегі кернеудің концентрациясы

Модель бірнеше көлемдерден тұрады, оларды блоктар деп атайды. Әр блок өзіне кем дегенде бір көлемді өзіне алып соған меншікті аумағына кіретін

қазба және оқпан тиесілі болып, нақты бір доменге түсіп нақты геотехникалық доменнің физикалық-механикалық қасиеттерін алады (3.18-сурет) [90].



Сурет 3.18 – Модельде геотехникалық домендердің жеке физикалық-механикалық қасиеттерімен даралануы

Тау сілемінің кернеулі-деформациялық күйін модельдеуге шектік шарттары қойылды:

- модельдің төменгі жазықтығы үшін барлық бағыттар бойынша орын ауыстыруына тыйым салынды;
- бетке нормаль бойынша бүйірлік шектер үшін орынауыстыру шектеу қойылды;
- модельге жүктеме ретінде түбінен беткі жазықтығына дейін тау жынысының меншікті салмағы берілді.

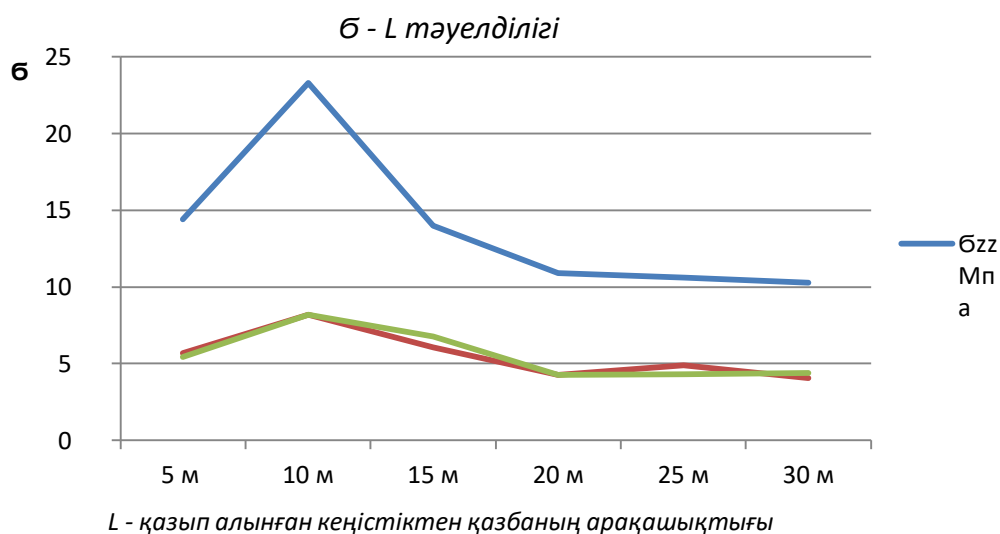
Модельдеудің концепциясы тазартпа кеңістігінің қазба әсерін есептеу және қауіпсіз кернеулі-деформациялы күйі бар орынды таңдау болып табылады.

Қарағанды көмір бассейні «Қазақстан» шақтысында Д6 көмір қабатын игеру жағдайында САЕ Fidesys бағдарлама пакеті құралы арқылы компьютерлік моделі құрылды. Бастапқы физикалық-механикалық мәліметтер 3.6-кестеде ұсынылған.

Кесте 3.6 – Бастапқы физикалық - механикалық мәліметтері

Тау жынысы	Параметрлері	Мәндері
Орташа-ландырылған тау жынысы	Юнг модулі	11,2701 МПа
	Пуассон коэффициенті	0,33
	Көлемдік салмағы	2370
	Созуға беріктілік шегі	1,19 МПа
	Сығуға беріктілік шегі	12,17 МПа
	Ілнісуі	3,25 МПа
	Ішкі үйкеліс бұрышы	35.87

Геометриясы бойынша лаваның ұзындығы 200 м, ал қазу бағанасының ұзындығы 2000 м, ал тазартпа кеңістігі мен қазбаның арақашықтығы 6 м. Ал қазбаның ені 6 м, биіктігі 4 м, ұзындығы 2000 м етіп алдым. Тазартпа жұмыстарының әсер ететін аймағындағы лава мен қазбаның кернеулі-деформациялы күйін моделдеуде алынған қорытынды бойынша 10 м қашықтыққа дейін кернеудің мәні – 14,8-23,2 МПа аралығында болады, 10-15 м аралығында кернеудің мәндері – 23,2-13,9 МПа болып, ары қарай 20-30 метр аралығындағы қашықтықта тазартпа жұмыстары аймағының әсері елеусіз болып кернеу мәні – 10,8-10,2 МПа аралығында тұрақталынады. Модельдеудің шешімі 3.17-3.21-суреттер аралығында мен 3.7-кестеде көрсетілген [88, с. 411].

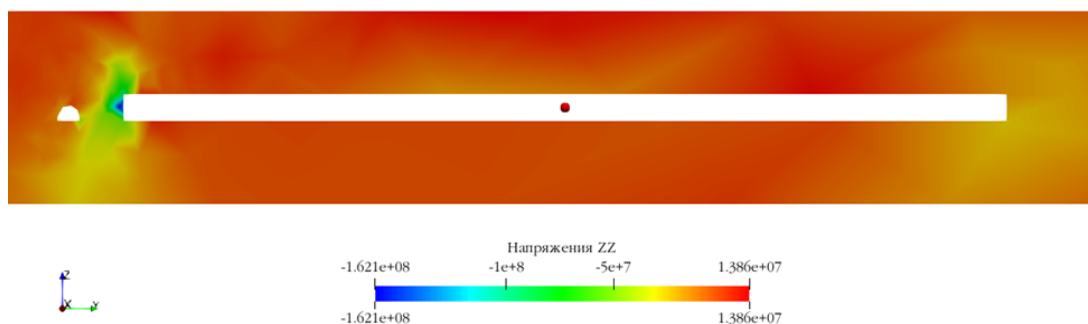


Сурет 3.19 – Модельдеудің қорытынды графигі

Осы модельдеудің нәтижесінен 5-15 метр лавадан ұзағанда тазартпа кеңістігінің әсері азайып, тау сілемінің тау қысымына сәйкес келгенін график пен кестеден анықтап, тіректік қысымның эпюрасы келтірілді. Бұдан қазбаларды өтуде қауіпсіз аймақтарды анықтау шартты үш өлшемді моделдеудің әлеуеті тексерілді (3.19, 3.20-суреттер, 3.7-кесте).

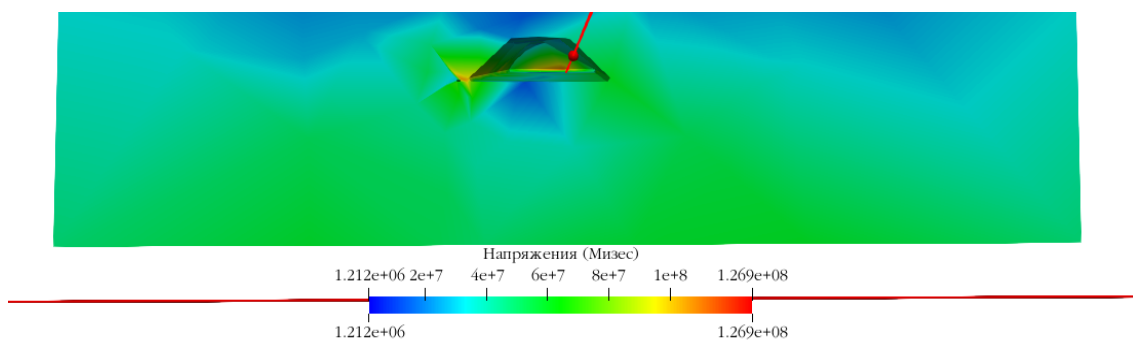
Кесте 3.7 – Модельдеудің арақашықтығы бойынша нәтижесі

L	5 м	10 м	15 м	20 м	25 м	30 м
Бzz МПа	14,4089	23,283	13,9831	10,8846	10,62136	10,2565
Буу МПа	5,67751	8,20961	6,04697	4,27295	4,8876	4,07129
Бxx МПа	5,44975	8,2096	6,76572	4,27395	4,32065	4,39263



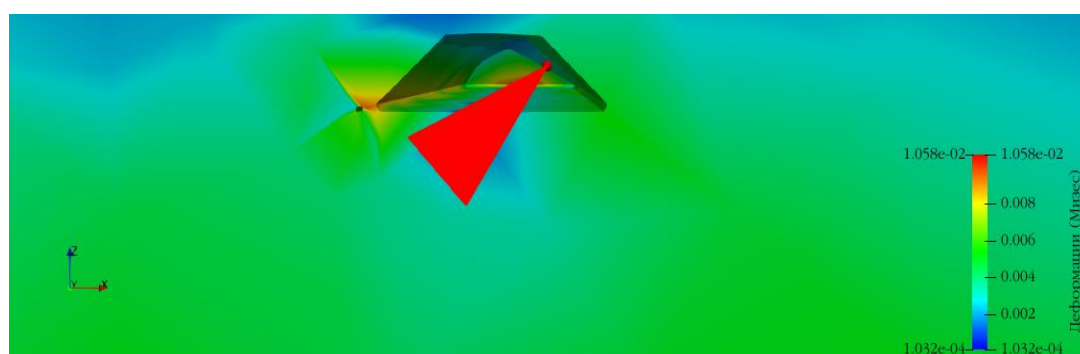
Сурет 3.20 – Тазартпа кенжары мен қазбаның көлденең қимасы

Сандық әдістерінің дамуының қазіргі кезеңінде дифференциалдық теңдеулерді шешудің шеткі элементтер әдісі жоғарыда келтірілген талаптарға сәйкес келеді [74, с. 115].

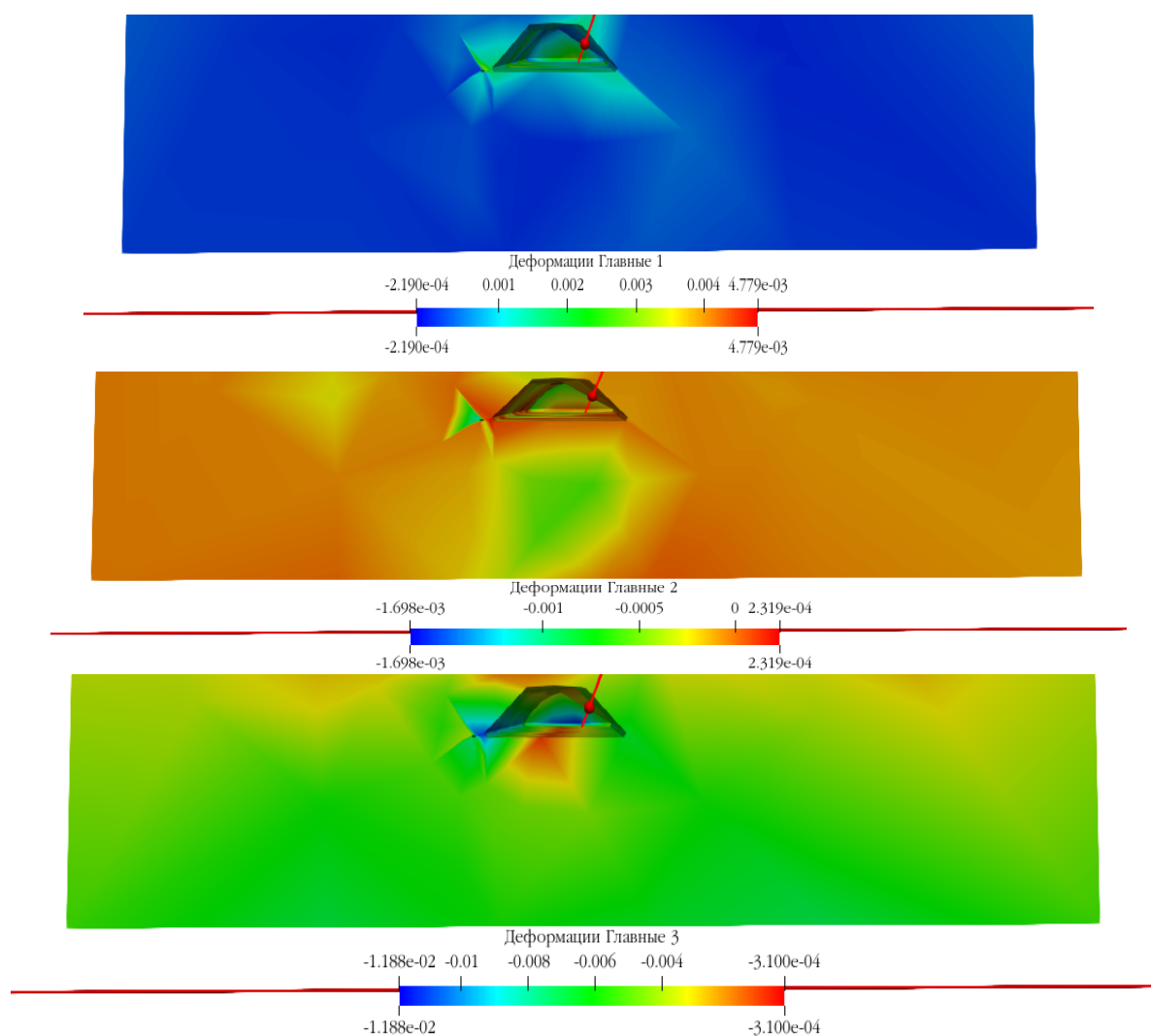


Сурет 3.21 – Кернеудің тау сілемі бойынша таралуы

Қазып алынған кеңістікпен жапсарлас орналасқан дайындау қазбасының таусілемі бойынша кернеудің таралу сипатын ұсынылды.



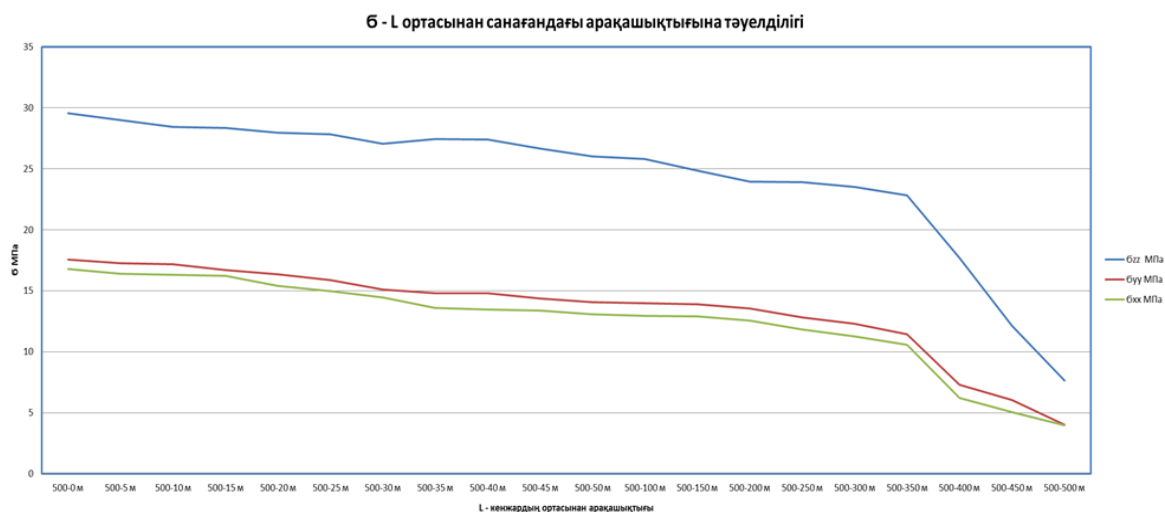
Сурет 3.22 – Қазба маңайындағы деформациясы



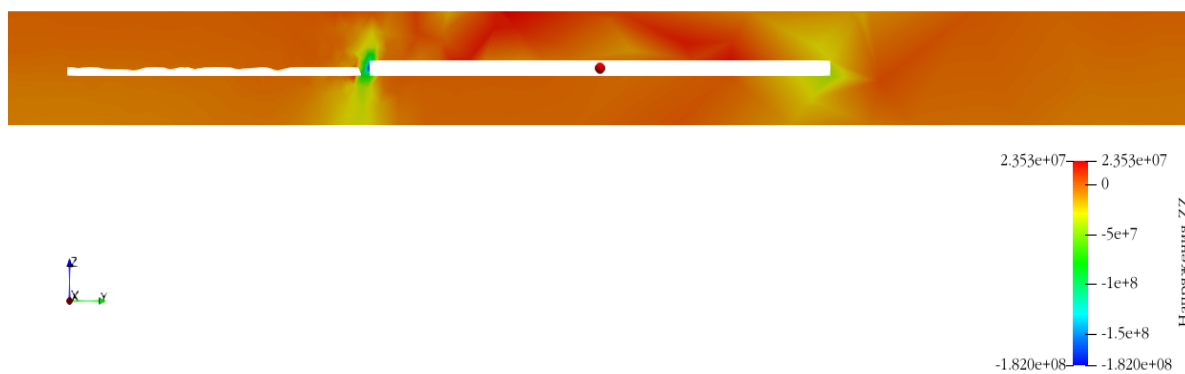
Сурет 3.23 – Басты деформацияларды таралуы

Қазып алынған кеңістік пен қазбаның маңайындағы басты деформацияларды көрсетілген (3.22, 3.23-суреттер). Кернеулі-деформациялы күйі үш өлшемді шекті элементтер әдісіне негізделген бағдарлама көмегімен іске асырылды, нәтижелері шындыққа жанасады, сондықтан практикалық құндылығы бар, сондықтан әдістеме және нәтижелер өндіріске енгізілді.

Көмірі алынған лаваның шетінен 150 м аралығында кернеулер күрт өседі. 150 м асқаннан кейін өсу қарқыны баяулайды. Қазбаның ортасында туындайтын кернеулер шетінде орналасқан нүктемен салыстырғанда үш есе үлкен болуы мүмкін (3.24, 3.25-суреттер, 3.8-кесте).



Сурет 3.24 – Кернеудің арақашықтыққа байланысты өзгерісі



Сурет 3.25 – Түйіспе қазбасы мен игерілген кеңістіктің арасындағы КДК-і

Кесте 3.8 – Модельдеу кезінде алынған мәндердің шешімі

Б _{xx} МПа	Б _{yy} МПа	Б _{zz} МПа	L
16,7743	17,562	29,5627	500-0 м
16,375	17,2697	28,9762	500-5 м
16,3	17,1513	28,4243	500-10 м
16,2	16,71	28,3573	500-15 м
15,4	16,35079	27,9694	500-20 м
14,965	15,8731	27,8107	500-25 м
14,4694	15,1167	27,0582	500-30 м
13,5664	14,8121	27,4393	500-35 м
13,4664	14,8067	27,4118	500-40 м
13,3561	14,3561	26,6785	500-45 м
13,0515	14,0515	26,0224	500-50 м
12,92	13,98	25,7904	500-100 м
12,889	13,889	24,8551	500-150 м
12,5547	13,5646	23,9386	500-200 м
11,807	12,802	23,89926	500-250 м
11,2587	12,2795	23,5017	500-300 м
10,566	11,448	22,7998	500-350 м
6,203	7,308	17,707	500-400 м
5,047	6,056	12,107	500-450 м
3,987	4,03	7,64636	500-500 м

Лаваның ұзындығы 200 метр, ұзындығы 1000 метр, биіктігі 6 метр. Игеріліп – қазып алынған кеңістік пен қазбаның арақашықтығы 0 метр. Ортасынан бастап шетіне дейін 5 метрден жылжытып отырдым. Алынған нәтижелерді келесі 3.24-суретте келтірілді.

Бөлім бойынша қорытынды

Қарастырылған жағдайда көмірі алынған лаваның дайындау қазбасына әсер ету аймағы 70 м аспайды. Жалпы модельде ықшамдалған шартты алынды, зерттеу нәтижелері натуралық бақылаумен сәйкес келді. Негізінен кернеулі-деформациялық күйі есептелініп сол бойынша бекіту параметрлері негізделді, соның негізінде тәуелділіктер мен заңдылықтар алынды. Әр дайындық қазбаға есептелініп үшөлшемді моделдеу жасалынып тұрғызылды. Бастапқы мәліметтері дұрысалынып талданып, блоктық және каркастық модельдерді тұрғызу кезінде пайдаланылды. Алынған нәтижелер бұрын жасалған ғалымдардың еңбегімен салыстырылды, дәлдігі мен дұрыстығына көз жеткізілді. Қазып алынған кеңістіктің шартты моделі бойынша іске асырылып заңдылық алынды, және қасындағы дайындау қазбаларына әсері зерттелді. Сол қазбаның бекітпесіне түсетін тік және бүйірлік жүктемелер, ығысулар есептелініп алынды, бекіту параметрлері мен бекітпе түрлері тандап алынды. Зерттеу алдында қойған міндеттер толық орындалды.

4 ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДІ ТҮРҒЫЗУ

4.1 Модельдеуге қажет мәліметтер мен материалдар

Ғылыми зерттеу жұмысының міндеттерінің бірі болып шахтаның жергілікті учаскесі мысалында көмір шахтасының геомеханикалық моделін жасау болып табылады.

Осыған байланысты: шахтаның жергілікті учаскесінің тау-кен-геологиялық жағдайларын талдауды орындау; геомеханикалық модельдерді құрудың қолданыстағы тәсілдеріне шолу жасау; модельдеуші параметрлерді құрылымдау; геомеханикалық модель алгоритмін әзірлеумен қатар ұсыныстар дайындау қажет.

Бастапқы материалдар

Ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау барысында келесі бастапқы материалдар пайдаланылды:

1. Д6 қабатының тау-кен жұмыстарының жоспары.
2. RMT есебі «Саран» және «Қазақстан» шахталарындағы кернеуді далалық өлшеу, Қарағанды № 1051405003Э.502/В.0.
3. Көлденең қазбалар осінің бойымен тік қималары.
4. Тандалған учаскенің геологиялық ұңғымаларының деректері.
5. Төбе беттерінің және қабат табанының модельдері.

Жалпы мәліметтер.

Шахтаның алаңы Қарағанды көмір бассейнінің батыс шеті болып табылатын Тентек ауданының оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан. Өңдеуге қабылданған Тентек және Долинка свиталары қабаттарының қазіргі уақытта шахтамен Д10, Д6 қабаттары әзірленуде.

Шахта алаңының өлшемдері:

Жатысы бойынша.

3500-4000 м қабаттар бойынша Д11-Д1.

4000-7000 м қабаттар Т3-Т1.

Құлауы бойынша:

1600-3150 м қабаттар бойынша Д11-Д1.

Т3-Т1 қабаттары бойынша 2500-3900 м.

Барлық көмір, кокстелетін көмір, КЖ маркалары. Аудан көмірінің негізгі тұтынушылары Қарағанды металлургия комбинаты болып табылады.

Тау-кен бөлігінің жалпы ауданы-3010,5 га.

2018 жылдың басындағы жағдай бойынша тау-кен қазбаларының жалпы ұзындығы - 98100 м. Шахта бойынша өнеркәсіптік қорлардың жалпы саны-112350 мың тонна.

Шахтамен қазылатын қабаттардың құлау бұрышы: 10-14° құрайды.

Дайындық қазбаларының қимасы -12, 8 м²-ден 17,2 м²-ге дейін.

Желдету схемасы-аралас, желдету тәсілі-сору.

Қабаттарды қазудың гидрогеологиялық жағдайлары күрделі емес, шахта бойынша орташа ағын 47 м³/сағ құрайды [76, с. 43].

«Қазақстан» шахтасының алаңы алты тік оқпандармен ашылды. Екіжылдық, скипті оқпандары көмір және тау жыныстары арқылы 1-ші горизонттың +240 м белгісіне дейін өтті. Біржылдық, жаңа екіжылдық оқпан-±0 м 2-ші горизонттың және ЦОКС белгісіне дейін, -340 м белгіге дейін өткен [76, с. 44].

Тау жынысын беру үшін әрқайсысының сыйымдылығы 5,3 т екі скиппен жабдықталған оқпан пайдаланылады.

Желдеткіш горизонттар ауаның Шығыс ағысын беру үшін және шахтадан апаттық (қосалқы) шығу ретінде пайдаланылатын батыс және шығыс флангты желдету оқпандарымен ашылды. Батыс желдеткіш оқпан 0.0 м горизонтқа дейін, Шығыс желдеткіш оқпаны - 170.0 м горизонтқа дейін өтті.

3 горизонтты ашу және дайындау (белгісі. - 170.0 м) Т1, Д6 қабаттары бекітілген жобада тік орталық-жатқызылған, диаметрі -8.0 м желілі ауа беретін оқпанмен, сондай-ақ Т1 және Д6 қабаттары бойынша далалық еңістер кешенімен қабылданды [76, с. 45].

Клетті оқпан көтергіш қондырғымен жабдықталған және адамдарды, материалдарды түсіру мен көтеруге және таза ауаны беруге арналған.

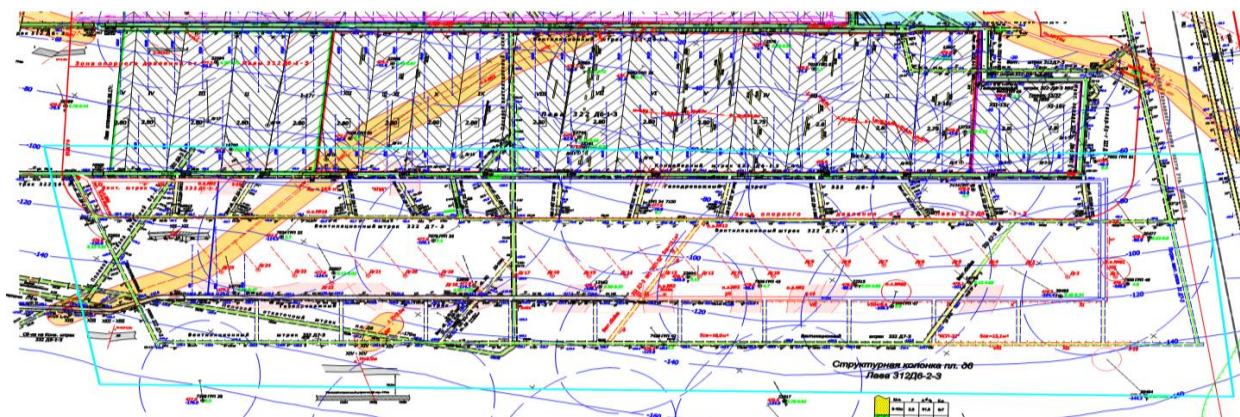
Шахталық алаңды дайындау төмендеу және созылу бойынша ұзын бағандармен орындалған.

Барлық көмір қабаттары метан аймағында орналасқан және жоғары газға ие. 300-500 м тереңдікте абсолюттік газ сыйымдылығы 15-25 м³/т; Д6 қабаты үшін 16,4 м³/т және одан да көп. Шахтаның салыстырмалы газдылығы 43,1 м³/мин және одан жоғары.

Тазалау жұмыстарында жаңа техникалық деңгейдегі механикаландырылған кешендер қолданылады: SL-300 комбайны және КС-34НГК конвейері және SL-300N комбайны және КС-34НГК конвейері бар «ГМ-15/29У».

Көмірді тазалау кенжарларынан скипті оқпанға дейін таспалы конвейерлермен тасымалданады. Көмір конвейерлік еңіс алаңы Д6 2-гор. 2ЛУ-120В таспалы конвейерлермен жабдықталған.

«Қазақстан» шахтасының аймағы қарауға қабылданды шахтаның батыс канатында және 60 м-180 м биіктікпен шектелген.



Сурет 4.1 – Модельдеуші аймақтың жалпы көрінісі

Модельдеуші аймақ бұрын пайдаланылған 322дб-1-3 лавасынан төмен орналасқан (4.1-сурет).

4.2 «Қазақстан» шахтасы аймағының тау жыныстарының қысқаша геологиялық сипаттамасы және физикалық-механикалық қасиеттері

Шахта алабының геологиялық сипаттамасы

«Қазақстан» шахтасының алабы Қарағанды көмір бассейнінің Тентек көмірлі ауданының шығыс жағында, Қарағанды қаласының 50 шақырым батысқа қарай, Қазақстан Республикасы Қарағанды облысы Шахтинск ауданының территориясында орналасқан.

Шахта солтүстік-шығысында «Тентек» шахтасының алабымен, ал оңтүстік-батысында «В.И. Ленин» шахтасының алабымен шекараласады. Барлық шахталар өз ара және тұрғын аудандармен (Шахтинск, Сарань қалалары, Новодолинский кенті) асфальт жолдармен байланысқан.

Жер бетінің абсолюттік белгілері келесі шамаларды құрайды:

- солтүстік және шығыста 474-47,0 м;
- батыс және оңтүстік- батыста 480-489,0 м.

Ауданда табиғи су қоймалары жоқ. Ауыз суы мен техникалық сумен қамтамасыз ету Шерубай-Нұра өзенінің аллювиалдық ағысы арқылы жүзеге асырылады [65, р. 646; 76, с. 46].

4.3 Шахта алабының геологиялық құрылымы

Стратиграфиясы мен литологиясы

Геологиялық құрамында шахта алабы қарағандылық, долиnsk, тентек үсті мен шахтинск свиталарының тау жыныстарынан, кайназой қалдықтарымен қабатталған. Көмірлі свита долинская және тентек свиталары болып табылады.

Долинск свитасы аргиллиттерден, алевролиттерден, құмтастардан және көмір пласттарынан құралған.

Көмір пласттары үш жақындalған стратиграфиялық топтарда жинақталған:

- төменгі (д1-д5);
- орталық(д6-д8);
- жоғарғы (д9-д11).

Долинск свитасының қалыңдығы 510-530 м құрайды.

Тентек свитасы қабатталған аргиллитерден, алевролиттерден, құмтастардан және көмір қабаттарынан құралған, бірақ құмтастар басым. Жұмыс қабаттары болып төменгі (Т1-Т3) свиталарының қабаттары болып табылады.

Кайнозойлық шөгінділер полеогендік, неогендік және төрттік шөгінділерінен құралған, қалыңдығы 90 м-ге дейін.

Палеогендік шөгінділер карбон үстінде орналасқан және саз тәріздес құмтастардан құралған, қалыңдығы 1,0-10,0 м және спорадикалық таралған.

Одан жоғары неогендік сұр түсті саздардан, қалыңдығы 80-90 м-ге дейін жетеді. Олар төрттік шөгінділер суларының су тірегі болып табылады.

Кайнозой кесіндісі төрттік жасты шөгінділермен барлық ауданды жауып тұрады. Олар топырақты - өсімдікті қабатпен (0,3-0,5 м), сазды топырақтар және құмайт топырақтармен (1,5-7,0 м) және аллювиальдік сулы құмдармен берілген.

Аллювиальдік құмдар қуаты шығыстан батысқа қарай азаяды, Шерубай – Нұра өзенінің қазіргі орналасу орнынан 7 м-ге алыстай бере жойылып кетеді. Осыған байланысты шахта алабының батысында неогендік саздарға сазды топырақтар мен құмайт топырақтар жатады [76, с. 48].

Тектоникасы

Структурасы бойынша шахта алабы тентек қашырының шығыс қанатының орталық бөлігіне жатады. Тау жыныстарының таралуы оңтүстік – батыстан солтүстік шығысқа дейін шахта алабының бойында сақталады. Тау жыныстарының орналасуы солтүстік батыста бұрышы 15°-20°, солтүстікте және оңтүстікте 10°-15° (құралуымен) шахта бөліктерінде құлауымен моноклинальді.

Тау жыныстарының орналасуы көлбеу екінші тыртыстармен және жарылатын бұзылулармен күрделіленген.

Барлау саңылауларымен 18 жарылған бұзылулар, олардың ең ірілері келесі шашымалар 19,21, шашынды 41 және олардың апофиздері (19а, 19б, 19в, 19г, 19д, 21а, 21б, 21в, 21г, 21д, 21е) болып табылады.

Олардың амплитудалары 5 м-ден 60 метрге дейін ауытқыған. Тау-кен жұмыстарымен қазылған алаб ауданында 159 шағын амплитудалы бұзылулар табылып, олардың көбісі бір пласттың шегінде ғана таралған, және ауытқулардың амплитудалары 0,9 болады. Пласттар бойынша бұзылулар келесі көлемде ашылған: д6 - 66; д10 – 30; д11 – 20 және Т1 – 30 бұзылу.

Барлық жарылмалы бұзылулар тау жыныстарының интенсивті сығылуы мен өтеді. Бұзылған зоналардың қалыңдығы бірнеше метрден ондаған метрге дейін өзгереді.

Дизъюнктивті тектоникадан басқа, ауданда жарықшатанулар, су шаю орын алған, олар барлық өңделетін пласттарға әр түрлі дәрежеде әсер етеді.

Алабтың солтүстік – шығыс және батыс бөлігінде д11-д12 пласттарының жұқаруы мен сыналанып шығуы анықталды.

Жоғарыда аталғандардың барлығы: ұсақ бұзылулар, шайылымдар (толық және шамалы) + 240 және + 0 м іске қосылған горизонттарындағы көмір қабаттарының көмірлерін алуға кедергі жасайды, көмірдің жоғалтуын шақырады, қазып алынған көмірдің күлділігін есейтеді.

Кенді ашқанда, дайындаған кезде және көмірді алған кезде жобалайтын горизонттарда шахта алабында шағын амплитудалы бұзылулардың таралуын күту қажет [76, с. 48].

4.4 Шахта алабының гидрогеологиялық сипаттамасы

Шахта алабында үш сулы горизонт анықталды:

- төрттік аллювиальді шөгінділер;
- полеогенді құмдар;
- долинск және тентек свиталарының тас көмір шөгінділері.

Төрттік аллювиальді шөгінділер сулы горизонты тек шахта алабының солтүстік-шығыс бөлігінде 1,5 км тар тілкем ретінде таралған.

Бұл горизонттың қуаты 1,0-2,5 м дейін жетеді сонымен қатар құмдар дара ауданы бойынша шағын қатпарлар күйінде кездеседі.

Горизонттың негізінде жатқан қалың сутірек неоген саздары болғандықтан бұл горизонт шахта қазбаларының сулануына әсер етпейді.

Полеогенді шөгінділер сулы горизонты ұсақ түйірлі құмдарға 5-6,0 м дейін байланысты. Құмдардың суға қанығуы үлкен емес.

Горизонттың төбесі ретінде неогенді саздар болады, ал табаны ретінде карбон шөгінділері орын алған. Құмдар қорыз қасиетіне ие бола отырып, тек тік оқпандар мен жатық қазбаларды, желдету оқпандарын және желдету горизонттарының жатық қазбаларын жүргізген кезде ғана бөгет туғыза алады. Бірақ уақыт өте горизонт құрғайды. Тас көмір шөгінділерінің сулы горизонттары құмтастармен, көмір пласттарымен және сирек жарықшақталған алевролиттермен байланысты. Тау-кен қазбаларын су басып кетуі тек карбон суларының статикалық қорларының әсерінен туындайды.

Фактілік ең үлкен оқпанға және жатық қазбаларға су келу 01.01.86 жылы 175 м³/сағ. құрады. Игеруге дайындап отырған отырған су жиналу Т3-Т9 көмір пласттарын дайындап ашу нәтижесінде бұл үшін (-170 гор) терең горизонттарды іске қосу қажет және 0-ші горизонттың көмір пласттарын (д5-д9) қазып алу нәтижесінде келесі мағыналарды құрайды:

Қалыпты – 175 м³/сағат.

Ең жоғарғы – 230 м³/сағат.

Су қасиеті бойынша, қарапайым (сульфатқа төзімсіз) портландцементке қатысты, жоғары минералданған және агрессивті деп табылады. Жалпы пласттардың қазып алу гидрогеологиялық жағдайлары ауыр емес. Дегенімен судың кішкене көлемі жыныстарға кері әсер етіп, олардың құлауын, тұрақтылығының төмендеуін, жыныстардың қобысуын, үгітілуін шақырады [76, с. 49].

Шахта алабы қорының барланғандығы мен сенімділігі.

Шахта алабында белгіленген шекте геологиялық барлау жұмыстары бірнеше мәрте өткізілді. Апробирленген геологиялық есеп беру материалдарына негізделі отырып МКҚ қорларды негіздеді.

Шахта алабының шекараларындағы қорлар КСРО мемлекеттік қорлар жөніндегі комитеттің 05.02.1969 жылы №5591 - хаттамасымен бекітілді.

КСРО мемлекеттік қорлар жөніндегі комитеттің алқабтағы шахтаның терең горизонттарының (тентек мұльдасы) көмір қабаттарының қималарары бекітілді. Т3–Т1 +0 ден – 300 м горизонттарының, №9536 хаттамасы 29.09.1984 жылы пласттар бойынша -100 ден - 300 метрге дейінгі горизонттарын А+Б шахтаның белгіленген шектерінде. Тереңдей түсе қазып алу жұмыстары тау-кен геологиялық жағдайларының күрделене түсуі, көмір пласттары қуатының ауытқуы, шағын амплитудалық бұзылулар санының көптігі, геологиялық құрылымын нақтылау және көмір қорын қайта бағалау мақсатымен қайта барлау жұмыстары жасалуы қажет.

Осыған орай арнайы тапсырмамен Қарағанды көмір барлау бүкіл одақтық мекемесі көміргеологиялық экспедициясы 1986-1989 жылдары аралығында алқабта қайта барлау жұмыстарын өткізіп, 1990 жылы Көміргеология одағы кәсіпорнының ғылыми-техникалық кеңесінде есебі бекітілді.

Тау-кен қазбаларын өту тәжірибесіне негізделе отырып барлау кезінде анықталатын скважиналармен зерттеуге келетін, бірақ тау-кен пайдалану жұмыстарын қиындататын шағын амплитудалық бұзылулар кездесуі мүмкін деуге болады.

Сондықтан тау-кен дайындау қазбаларын өту бұзулар мен қосымша тыртыс болуы мүмкін болғандықтан, сонымен қатар көмір пласттарының гипсометриясын, пласттардың жұмыс қуаттарының контуры және өндеу жағдайларын анықтау мақсатымен қазып алу жұмыстарынан едәуір ертерек жүргізілуі қажет.

4.5 Көмір қабаттарының және қабырға тау жыныстарының сипаттамасы

Көмір қабаттарының сипаттамасы

Шахта алабының өнеркәсіптік көмірге байлығы 8 жұмыс көмір қабаттарынан тұратын д11, д10, д9, д6, д5, д4, д3, д1 долинск свитасының және 2 төменгі жұмыс пласттары (т3–т1) қатарына кіретін тентек свитасының шөгінділеріне байланысты. Пласттарды құрылымының тұрақтылығы мен қалыңдығы бойынша төмендегідей бөлінеді:

- тұрақты – д6 пласт;
- шартты (қатынасты) – Т1, Д11, Д10, Д1 пласттары;
- тұрақсыз – Т3, Д9, Д8, Д7, Д5, Д4, Д3, Д2 пласттары.

Пласттардың қалыңдығы мен құрылымының тұрақсыздығы бірнеше себеп салдарынан туындайды: көмірдің ығысуы, пласттардың жарықшақтануы және сыналанып шығуы, сонымен қатар бірнеше жалпы шайылымдардың болуы. Көмір пласттарының сипаттамасы 4.1-кестесінде берілген.

Көмір пласттарының табан және төбе тау жыныстары бірнеше жалпы қасиеттерінің болуымен сипатталады. Пласттармен жанасып негізінде көптеген өсімдік шөгінділері бар аргиллиттер жатады. Аргиллиттердің қуаты бірнеше сантиметрден 1,0-3,0 метрге дейін ауытқиды. Төбе тау жыныстарында құрылымынан тәуелсіз, жарылу өте дамыған. Олардың беріктігі пластқа жақындаған сайын төмендейді ($\sigma_{сж}=80-150$ кг/см²). Табан тау жыныстары көбінесе қобысуға бейімделген.

Табан және төбе тау жыныстарының тұрақтылығы бір типті пластаралық қабат тау жыныстарына қарағанда төмендеу. Пласттар төбесінде негізгі төбеден жеңіл бөлініп түсетін жалған төбелер өте жиі кездеседі. Көмірлердегі тау жыныстың қатпары, тез дымқылданатын, көмірді қазып алғанда ұсақ кесектерге бөлініп кететін өте әлсіз аргиллиттерден тұрады.

Көмірлі және шамалы көмірлі аргиллиттер негізі каолинизирленген үйкелесу қабаттары бар жапырақ тәріздес текстуралы болады, көмір

пласттарында су болған жағдайда олар кейбір жағдайларда саз тәріздес массаға айналып беріктік қасиетін төмендетеді.

Үзіліп бұзылу дамыған жерлерде жыныстар иленген және жеңіл бұзылады, әсіресе дымқылданған жағдайда. Бұл жағдайда әлсіз аргиллиттер табанда дымқылданады, ал төбедегі құлайды. Осының барлығы лавадағы жұмыстардың өнімділігін төмендетеді, өйткені қазбаның төбесін бекіту үшін қосымша шаралар қолданылады, сонымен көмірдің күлділігі өсе түседі.

Газдылығы

Шахта алабының газдылығы зерттелген және жақынданған пласттар топтары ретінде қарастырылады: Т3 – Т1, Д11 – Д10, Д9 – Д8, Д7 – Д6, Д5 – Д1. Метан зонасы бетінің тереңдігі және Лэнглиор тендеуінің “С және В” коэффициенттер мәндері 01.01.86 жылы зерттелу жағдайына көрсетілген пласттар тобының газданулығын есептеу үшін алынған.

“Қарағандауголь” проектилеу мекемесі және Қазақстан Республикасының Қарағанды округының мемлекеттік техникалық бақылау басқармасының бұйрығына сәйкес газ бойынша шахта көмір мен газ кенеттен жарылыстар бойынша қауіпті категориясына жатады

Көмірлердің өз бетімен тұтануға бейімділігі

“Қарағандауголь” 23.11.1985 жылы №495 бұйрығы бойынша Д6 пластының көмірлері 1 топқа кіргізілген, яғни өз бетімен тұтануға бейімделген деп есептеледі. Қалған пласттар көмірлері екінші топқа кіреді, өз бетімен тұтануға бейімділігі едәуір төмен.

Көмірлердің өрт қауіптілігі

Пластың қалыңдығы мен құрамындағы фюзанит көлеміне байланысты, Д6 пласт көмірлері көмір өрт қауіптілігі бойынша екінші категорияға жатады – орташа қауіпті, ал шахта алабының басқа пласттардың көмірлері үшінші категорияға жатады – шамалы қауіпті.

Көмір шаңының атылуға бейімділігі

Көмір шаңының атылуға бейімділік дәрежесі бойынша шахта қауіпті категорияға жатады.

Көмір пласттарының жарылыс қауіптілігі

Кенеттен көмір мен газ жарылуы бойынша шахта қауіпті категориясына жатады. Т1 пласты 440 метрден бастап қауіптіге жатады, Д9 пласты 430 метрден бастап қатерліге жатады, Д6 пласты 400 метр тереңдіктен бастап қауіптіге жатады.

“Қазақстан” шахтасы үшін жалпы барлық Тентек көмірлі ауданы сияқты оқыстан көмір мен газ жарылуы бойынша критикалық тереңдігі жер бетінен 230 метр болып қабылданған.

Осы критикалық тереңдіктен төмен дайындау қазбаларын өткен жағдайларында көмір пласттарының жарылыс қауіптілігі бойынша болжам жасау қажет.

Силикоз қауыптілігі

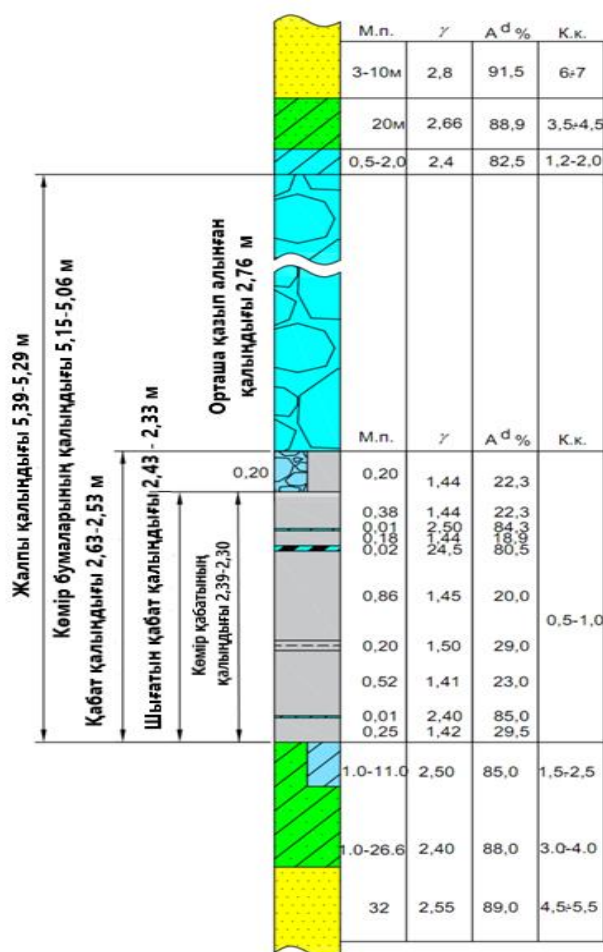
Қарағанды бассейнінің тау жыныстары кремний тотығы болуы бойынша силикоз қауіптілер категориясына жатады.

Қазба жұмыстарының геотермиялық жағдайлары
Қарағанды бассейні ТМД елдерінің бассейндеріне қарағанда геотермиялық жағдайлары салыстырмалы жақсы.

Тереңдей түсе температураның өсуі едәуір біркелкі өтеді. 500 метр тереңдікте ауа температурасы 14,6°C құрайды, температураның өсуі әрбір 100 метр сайын 500-1000 метр интервалында 1,85°C құрайды.

Төменгі техникалық шегінің (- 340 гор.) қазбаларының ауа температурасы 20°C құрайды.

Жоғарыда айтқанды ескере отырып қазба жұмыстарын жүргізген кезде жасанды суытуды қолданбауға болады.



Сурет 4.2 – Д6 қабатының құрылымдық бағанасы

Д6 қабатының құрылымдық бағанасы 4.2-суретте көрсетілген. Берілген құрылымдық бағанаға сәйкес зерттелетін аймақта Д6 қабатының қалыңдығы 5,29-5,39 м аралық шегінде өзгереді. Қалыңдығы 0,5-2,0 м аргиллиттер Д6 қабатында жатыр, қалыңдығы 20 м дейінгі аргиллиттер алевролиттердің үстіне, құмтас үстіне жатады. Құмтас қабатының қалыңдығы 3 тен 10 м дейін өзгереді. Қабаттың табанында қалыңдығы 1-ден 11 м-ге дейін алевролит жатыр. Алевролиттердің астында қалыңдығы 32 м жететін құмтас жатыр [85, с. 28].

Зерттелетін аймақтың ауданында геологиялық ұңғымалар бұрғыланды:

- 1) 22515;
- 2) 22601;
- 3) 22604;
- 4) 22607;
- 5) 22608.

Таңдалған аймақты модельдеу үшін төбесінің қалыңдығы 40 м, ал табанында 20 м деп аламыз.

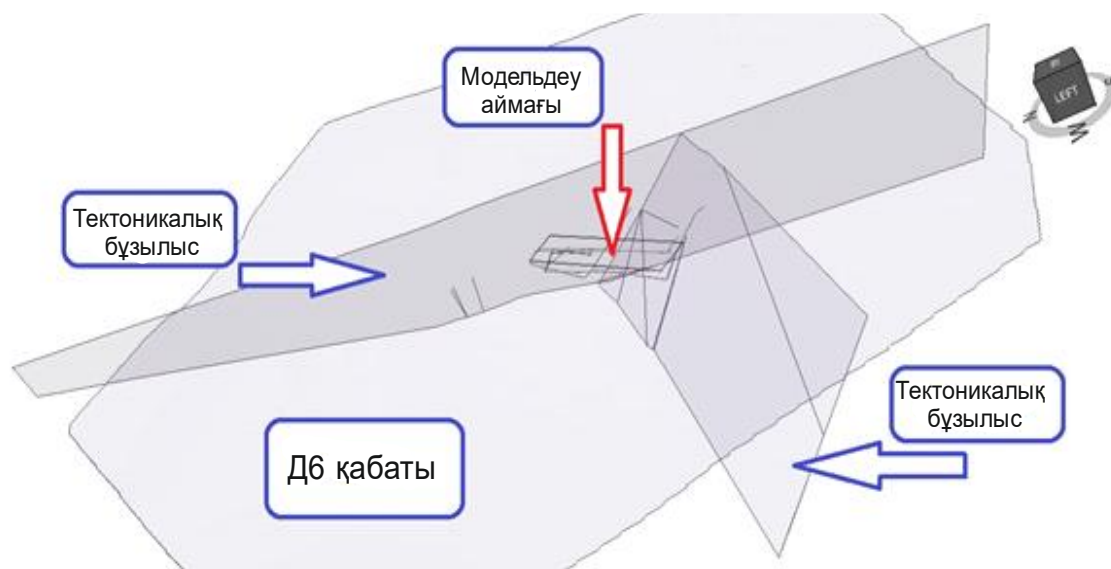
22515 ұңғыма сағасының координаттары: 50169.19, 40587.01, 478.8. Ұңғыма - 89.3 м белгіге дейін бұрғыланған.

22601 ұңғыма сағасының координаттары: 51005.86, 41166.36, 476.8.

Ұңғыма 120 м белгіге дейін бұрғыланған.

22608 ұңғыма сағасының координаттары: 50571.98, 40913.70, 477.9. Ұңғыма - 114.2 м. белгіге дейін бұрғыланған [56, р. 282].

Ауданда қаралып отырған аймақты бөліп көрсетуге болады, 2 ірі тектоникалық бұзылыстар (4.3-сурет).



Сурет 4.3 – Модельдеуші аймақтың тектоникасы

Қарастырылып отырған аймақ келесі тау жыныстарымен қалыптасқан: құмтас, алевролит, аргиллит, көмірлі аргиллит, көмір. Литологиялық айырмашылықтардың физикалық-механикалық қасиеттері 4.1-кестеде келтірілген.

Кесте 4.1 – Тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттері

Тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттері	Өлш. бірлігі	Литологиялық айырмашылықтар			
		құмтас	алевролит	аргиллит	көмір
1	2	3	4	5	6
Серпімділік модулі	МПа	8500-29000	4300-21000	3700-10500	3000-3500
Пуассон коэффициенті		0,22-0,25	0,28-0,33	0,25-0,28	0,33
Бір осьтік қысу кедергісі	МПа	45-95	33-45	15-35	5-11

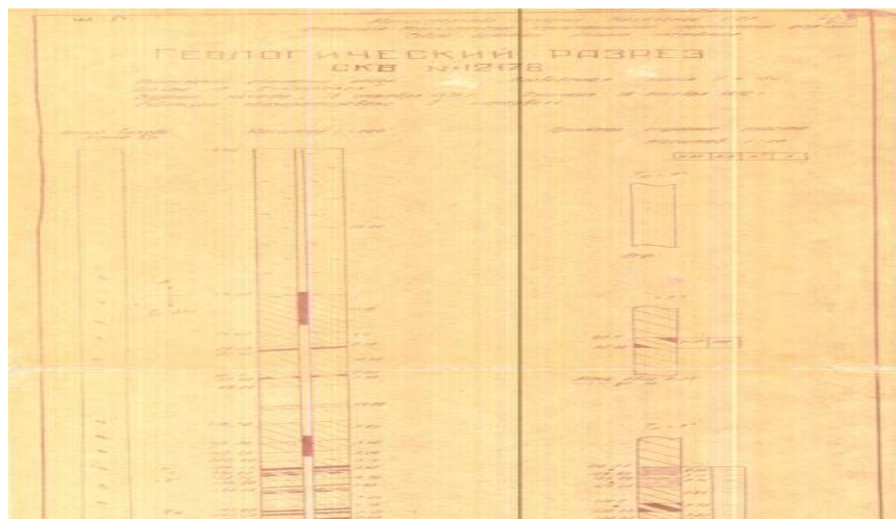
4.1-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
Бір осьтік созылу кедергісі	МПа	10-16	7-13	1-6	1-1,8
Көлемдік салмағы	МН/м ³	2,61	2,37	2,31	1,32
Ілінісу	МПа	7,6-18,5	4,7-17,5	2,5-7,5	1,5-3,2
Ішкі үйкеліс бұрышы	Градус	25-40	18-39	25-39	18-25
GSI		50	50	50	50

Қарағанды шахтасын үшөлшемді санды модельдеу кезінде ең бірінші мәліметтер базасы жинақталды. Модельдейтін аумаққа кіретін яғни сонда орналасқан 45 барлау ұңғымаларының геологиялық қималарынан алынған литологиясымен тереңдігі, орналасу бұрышы азимуты координаталарын MS Excel, MS Access офистік бағдарламаларына мәліметтер базасы ретінде жинап топтастырып мұқият тексерілді (4.4, 4.5-суреттер) [76, с. 50].

	A	B	C	D	E
1	12178	0	59,3	59,3	ud
2	12178	59,3	74,4	15,1	mdT11-k5
3	12178	74,4	80,4	6	slT11-k2
4	12178	80,4	81,1	0,7	clT11-k1
5	12178	81,1	92	10,9	mdT11-k4
6	12178	92	92,4	0,4	clmdT11-k1
7	12178	92,4	96,2	3,8	mdT11-k3
8	12178	96,2	110,7	14,5	stT11-k2
9	12178	110,7	118,3	7,6	mdT11-k2
10	12178	118,3	122,2	3,9	slT11-k1
11	12178	122,2	125,4	3,2	stT11-k1
12	12178	125,4	128,55	3,15	mdT11-k1
13	12178	128,55	131,6	3,05	T11cl
14	12178	131,6	136,3	4,7	mdT10-k2
15	12178	136,3	138,15	1,85	clmdT10-k1

Сурет 4.4 – Ұңғымалар базасының көрінісі



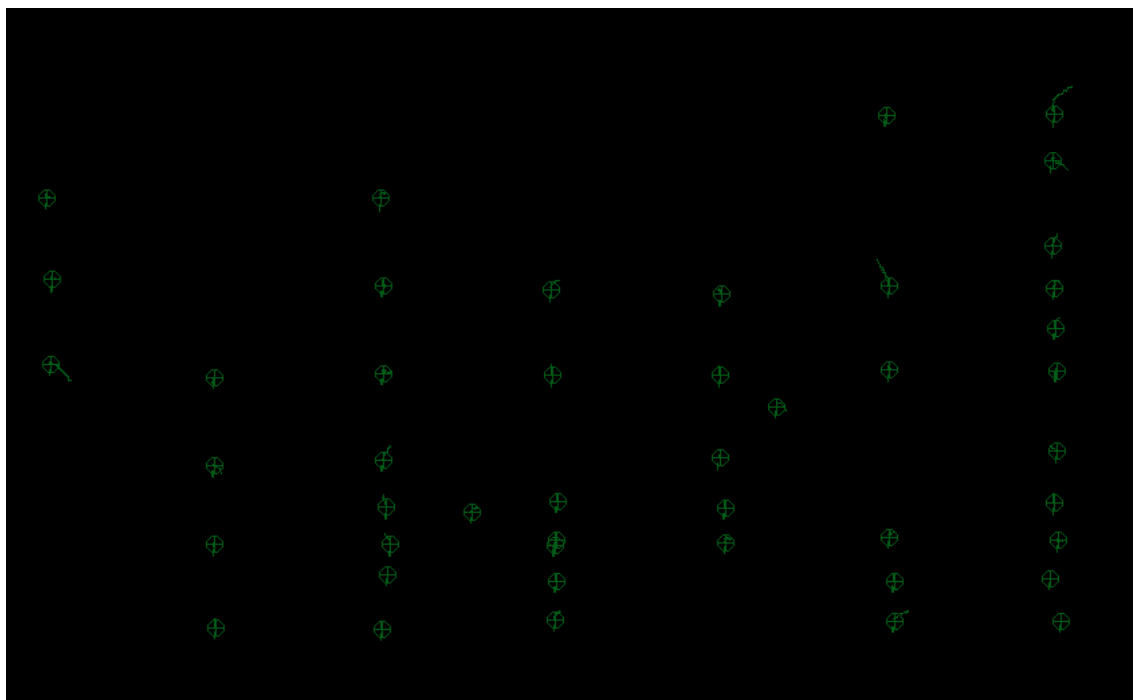
Сурет 4.5 – №12178 ұңғымасының геологиялық қимасы

Сосын арнайы тау-кен мамандарына арналған бағдарламасына MS Access бағдарламасымен жинаған мәліметтер базасы импортталды (4.6-сурет) [76, с. 51].

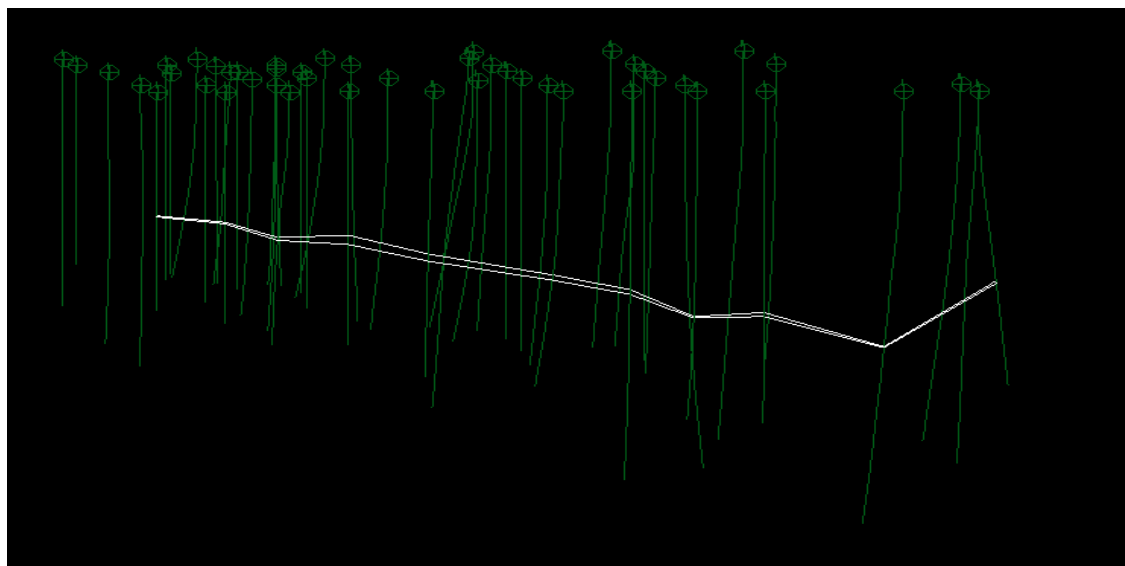
hole_id	depth	azimuth	dip
22517	520	106	-78,638
22517	580	113	-77,799
22517	600	121	-77,085
22517	620	126	-76,879
22517	628	126	-76,879
22576	0	0	-90
22576	60	56	-89,542
22576	100	77	-88,711
22576	200	76	-87,794
22576	220	78	-88,224
22576	240	95	-87,851
22576	260	108	-87,306
22576	280	99	-86,876
22576	340	79	-86,273
22576	360	75	-85,411
22576	400	77	-85,455
22576	420	81	-85,268
22576	440	91	-84,98
22576	460	77	-84,347
22576	480	102	-84,52
22576	500	117	-84,232
22576	510	117	-84,232
22588	0	0	-90
22588	100	111	-89,037
22588	180	106	-87,743
22588	200	92	-87,392
22588	220	87	-87,449
22588	300	71	-86,194
22588	320	81	-85,354
22588	340	92	-85,21
22588	360	95	-84,462
22588	380	91	-84,203
22588	400	100	-83,685
22588	460	93	-82,935
22588	480	95	-82,704
22588	500	100	-81,75
22588	540	105	-82,039
12807	0	360	-90
12807	40	229	-88,782
12807	80	235	-88,567
12807	100	247	-88,023

Сурет 4.6 – Ұңғымалардың біріктірілген мәліметтер базасы

Одан соң арнайы геологиялық тау-кен бағдарламасында ұңғымалар базасының дұрыс ашылып көрсетілуін, литологиясы мен тереңдігінің көрінуі тексерілді, қате болған жағдайда жөнделді. Ұңғымаларды жеті профилге бөліп, олардың әр қимасында орналасқан көмір, аргиллит, құмтас, алевролит тау жыныстарына әрқайсысына стринг сызып, дұрыс маркілеп шатастырмай сақталды (4.7, 4.8-суреттер) [88, с. 412].



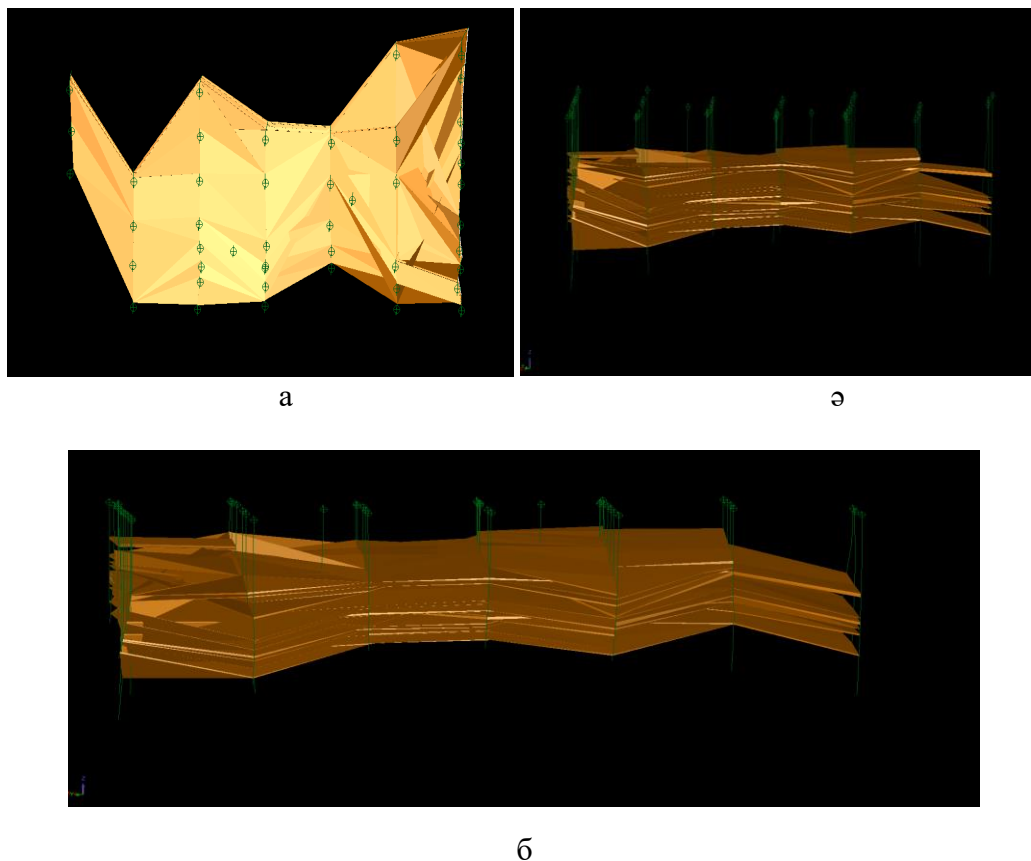
Сурет 4.7 – Ұңғымалардың үстінен қарағанда көрінісі



Сурет 4.8 – Жетінші қимадағы тау жынысына тұрғызылған бір стрингтің жалпы көрінісі

Мысалы Д6 қабатының әр профилдегі стрингтерін мониторға шығарып, триангуляция арқылы біріктіріп сонымен қатар заверка командасы арқылы

көлемдік дененің қателігі жоқ па соны тексереміз. Осындай тәртіппен барлық қабаттарды триангуляция жасап, тексеріп мұқият сақтаймыз. Оларды dtm форматындағы файлдарды CAD бағдарламасына экспортталды. CAD бағдарламасында 3D түрінде ACIS* sat типіндегі файлда сақтаймыз, осылайша моделдің геометриясын тұрғызудың негізі жұмыстарын CAD сатысын аяқтап, CAE Fidesys 3.0 бағдарламасына осы кезге дейін жасалған ACIS* sat типіндегі файлдар импортталды. Геометриясын тексеріп тор тұрғызамыз, барлық денелер жоғалмай тұтас торланса онда геометриясы дұрыс деп санаймыз, тордың сапасын Якобиан бойынша тексергенде мәні теріс сан шықпау керек. Әр денеге физикалық-механикалық қасиеттері бойынша мәліметтер енгізіліп сақталды. Барлық денелерді бір тәртіппен біріктіріп, сыртқы жазықтарын тиісінше осьтерге бекітіп, гравитацияға еркін түсу үдеуінің мәні берілді. Серпімділік моделі бойынша есептелді. Fidesys viewer бағдарламасында есептелген моделдің нәтижесі қаралды. Қандай параметрлер керек сол шамалар бойынша интерпретациясын график және басқа түрде көруге болады (4.9-сурет) [88, с. 413].



а – үстінен қарағандағы көрінісі; ә – жанынан көрінісі; б – үлкейтілген көрінісі

Сурет 4.9 – Қазақстан шахтасының алабына құрған модельдің көрінісі

4.6 Тау-кен қазбаларының геометриясын құру

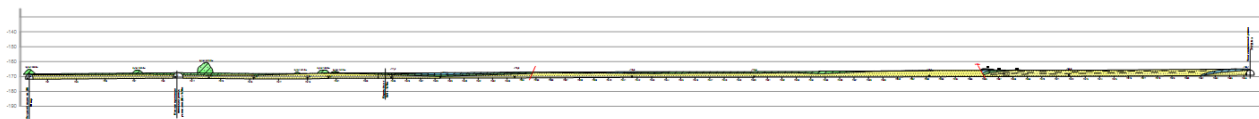
Жобаланатын учаскеде келесі қазбаларды бөлуге болады:

1. Далалық тасымалдау штрегі пл.Д6 гор-170.

2. Желдету еңісі 312Д6-з.
3. Желдету штрегі 322Д7-3.
4. Газодренаждау штрегі 332Д6-3.
5. Желдету штрегі 332-Д7-3.
6. Тасымалдау штрегі 332Д6-1-3.
7. Шекаралық желдету еңісі 31Д6-3.
8. Желдету түйіспесі 332Д7-3№1.
9. Желдету түйіспесі 322Д7-3 №6.
10. Желдету түйіспесі 332Д6-3 №1.
11. Желдету түйіспесі 322Д6-3 №3.
12. Желдету түйіспесі 322Д6-3№4.
13. Желдету түйіспесі 322Д6-3№5.
14. Желдету түйіспесі 322Д6-3№6.
15. Желдету түйіспесі 322Д6-3№7.
16. Желдету түйіспесі 322Д6-3№8.
17. Желдету түйіспесі 322Д6-3№9.
18. Желдету түйіспесі 322Д6-3№10.
19. Желдету түйіспесі 322Д6-3№11.
20. Желдету түйіспесі 322Д6-3№12.
21. Желдету түйіспесі 322Д6-3 №13.
22. Желдету түйіспесі 322Д6-3№14.
23. Желдету түйіспесі 322Д6-3 №15.

Негізінен қазбалар ені 5 м, биіктігі 3,5 м арка қимасымен өтеді. Қазбаның көлденең қимасының ауданы 14,8 м² құрайды.

Тасымалдау штрегі Д6 қабатында гор-170 негізінен құмтастар арқылы өтеді (4.10-сурет). ПК1-ден ПК 39-ға дейін құмтастардан жоғары алевролиттер орналасады. ПК39-дан ПК41-ге дейін құмтастардың үстінде аргиллиттер орналасады [90, б. 19].



Сурет 4.10 – Штректің осі бойынша пл. Д6 гор -170 м геологиялық қимасы

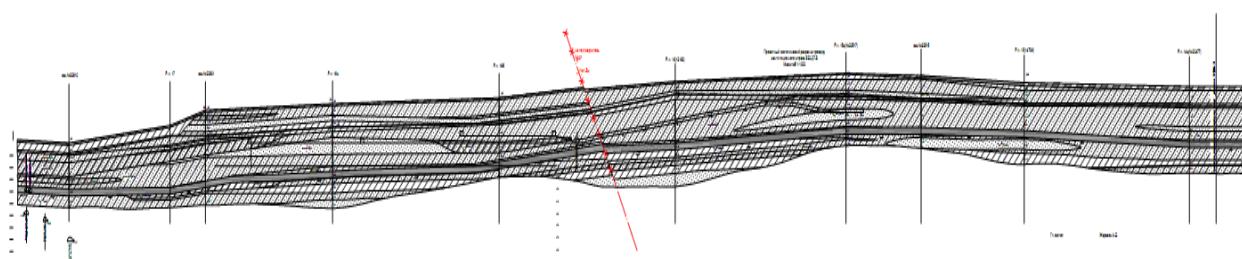
ПК41 мен ПК62 бойынша құмтастардың үстінде алевролиттер жайғасқан. ПК34 + 6 м жан жағынан геологиялық бұзылыстар ашылған. Келесі геологиялық бұзылыстар 3 м амплитудасымен ПК66-да ашылды. ПК81-ден түпте қалыңдығы 1,5 м аргиллиттер кездеседі.

Д қабатының III горизонтындағы қазба түйіспесінде биіктігі 3 м күмбез пайда болған. Сонымен бірге күмбездер пайда болған жерлер ПК7 (h = 2 м), ПК11+4 м (h = 12 м), ПК18 (h = 1 м), ПК19+7 м (h = 2 м), ПК21 (h = 1 м), ПК66 (h=1 м), ПК67 (h=0,2 м), ПК68 (h=0,2 м). Д6 қабаты гор -170 м штректің ұзындығы 840 м:

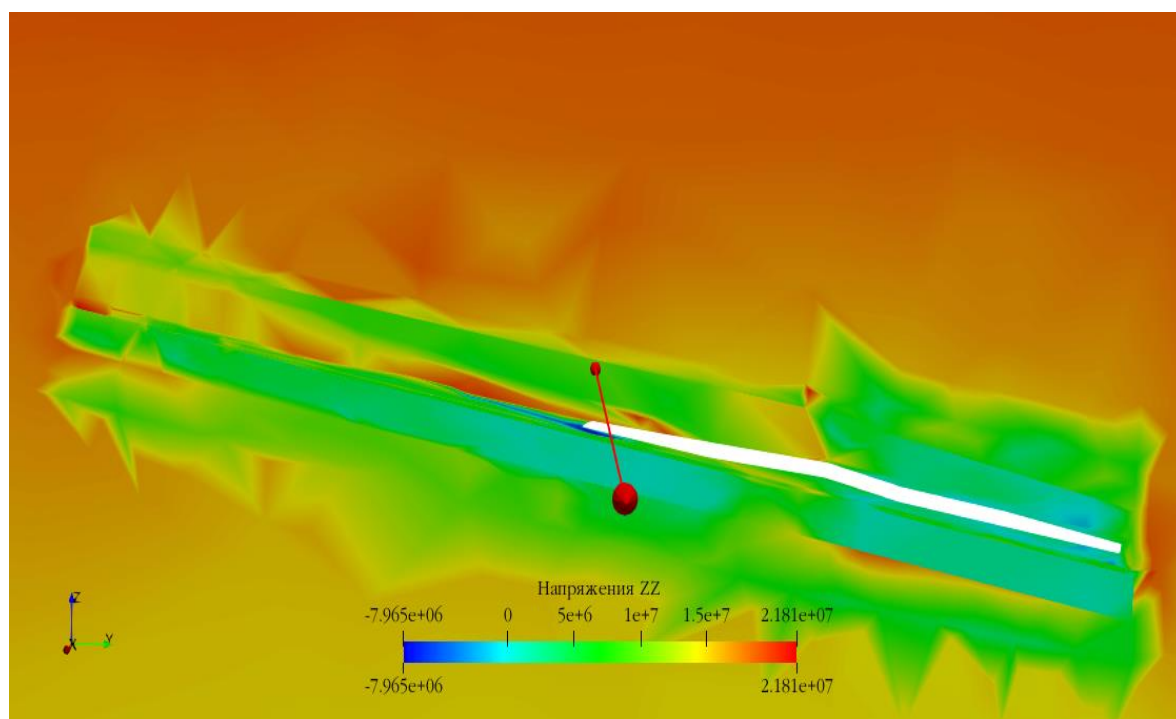
1. 212Д6-з тасымалдау штрегінен желдету еңіс 312Д6-з жүргізілген. ПК0 мен ПК12 аралығында желдету еңіс 312Д6-з құмтастардан өткен, ПК12 мен ПК22 дейін қазба алевролиттерде жүргізілген. ПК18+4 метрден ПК23-ге дейін түпте қазбаларды өту кезінде қалыңдығы 0,6 м аргиллит қабаты кездеседі.

ПК46-да биіктігі 4 м күмбез пайда болды, ПК53-те күмбездің биіктігі 2 м болды. Желдету еңісті 312Д6-з жүргізу кезінде 10 геологиялық бұзылыстар ашылды: ПК0+5 м, ПК18, ПК38, ПК53, ПК62, ПК66, ПК78, ПК80, ПК82, ПК83. Желдету еңістің 312Д6-з ұзындығы 863 м құрайды.

2. Желдету штрегі 322Д7-3 желдету түйіспесімен 322Д7-3 №6 жүргізілді. Желдету штрегі екі түппен өткізілген. Бірінші түп солтүстік-шығыс бағытында өткізілген. Екінші түп оңтүстік-батыс бағытына қарай шекаралық желдету еңіске 31Д6-3 дейін қазылған. Желдету штрегі 322Д7-3 алевролиттер бойынша 1,8-10,45 м аралығында Д7 қабатының табаны асты жүргізілген (4.11, 4.12-сурет).

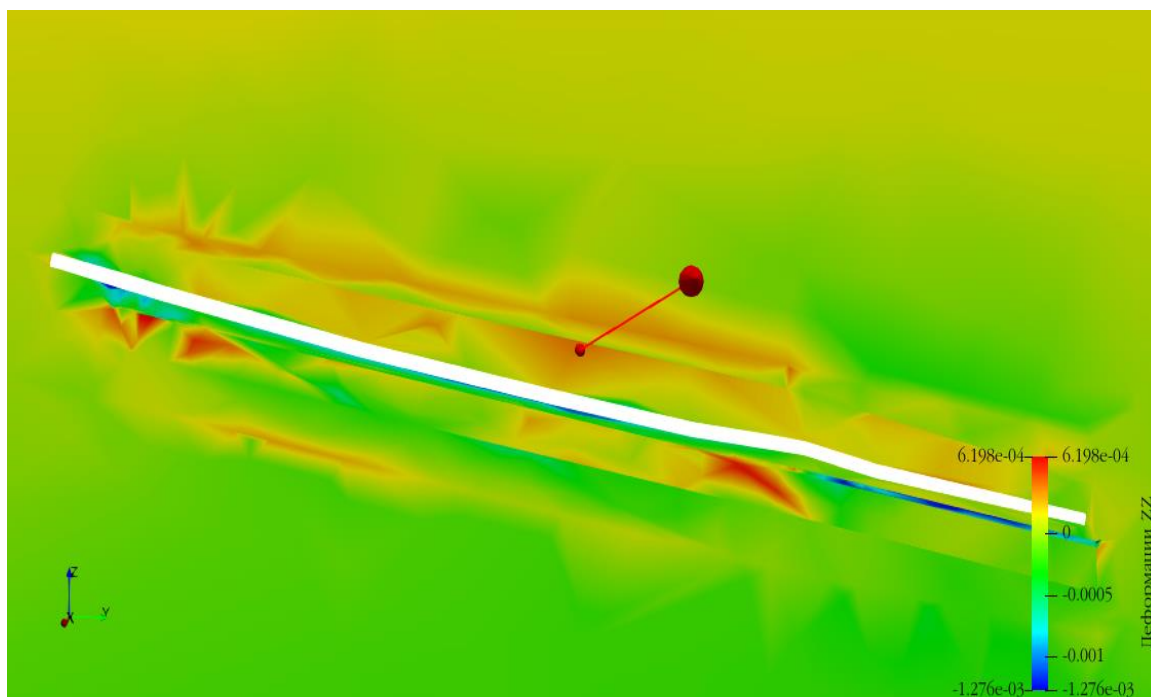


Сурет 4.11 – Желдету штрегінің 322Д7-3 осьтік сызығы бойынша болжамдық вертикаль геологиялық қимасы



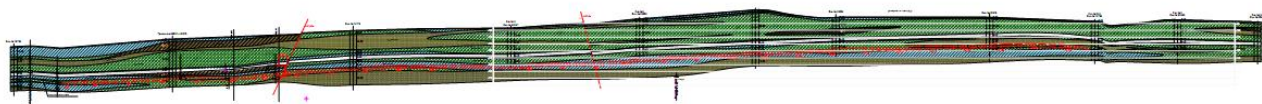
Сурет 4.12 – Желдету штрегінің 322Д7-3 кернеулі деформациялық күйі

Желдету штрек 322Д7-3 тіктөртбұрыш қимасымен өткен. Қазбаның ені 5,2 м, қазбаның биіктігі 3,6 м. ПК53+8,5 м биіктігі 1,3 м күмбез түзілді. ПК64+2 м биіктігі 0,4 м күмбез түзіліп, ПК 66+4 м биіктігі 0,7 м күмбез түзілді. ПК 83 мен ПК89+1,5 метрге дейін құмтас линзасы ашылды. Желдету штрегінің 322Д7-3 ұзындығы 980 м құрайды (4.13-сурет).



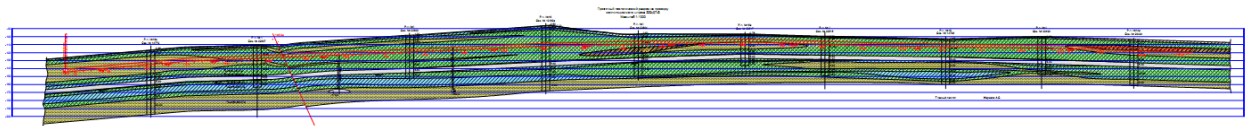
Сурет 4.13 – Желдету штрегінің 322Д7-3 кернеулі-деформациялық күйі

3. Газодренаждау штрегі 332Д6-3 (4.14-сурет) газодренаждау штрегімен 334Д6-В ұшырасады. Газодренажды штрек 332Д6-3 д6 қабатының астындағы 7 м (ПК113) – 15 м (ПК116) аралығындағы аргиллитерден өткен. ПК26-дан ПК 33-ке дейін, ПК97+5 ПК102-ге дейін құмтастар арқылы қазба қазылған. ПК33, ПК69, ПК94 геологиялық бұзылыстар ашылды. Қазбалар ұзындығы 1185 м құрайды [13, р. 287].



Сурет 4.14 – Газодренажды штректі 332Д6-3 өтуге болжамдық геологиялық қимасы

4. Желдету штрегі 322-Д7-3 желдету еңісімен 322Д7-3 ұшырасып одан соң 2,5-15 м арақашықтықта д7 қабатының табан асты шекаралық желдету еңісіне 31Д7-3 дейін алевролитпен өтеді. ПК2, ПК3 геологиялық бұзылыстар ашылды, ПК44-тен ПК48-ге дейін қазба құмтастармен өткен. Қазбаның ұзындығы 1425 м болады (4.15-сурет).



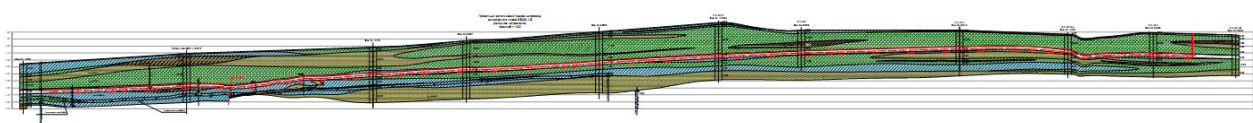
Сурет 4.15 – Желдету штректі 332-Д7-3 өтуге болжамдық геологиялық қимасы

5. Тасымалдау штрек 332Д6-1-3 тасымалдау штректегі 332Д6-1-3 түйіспемен кездесіп және Д6 қабаты бойынша екі бағытпен жүргізіледі (4.16-сурет):

– Д6 қабатының -170 м (150 м) горизонтындағы жүк-адам таситын қазбасына дейін;

– монтаждау камерасына 332Д6-1-3 дейін (1500 м).

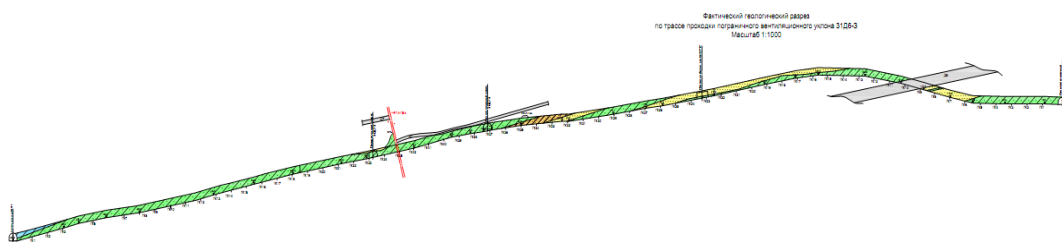
Қазбаның жалпы ұзындығы 1650 м құрайды.



Сурет 4.16 – Тасымалдау штректі 332Д6-1-3 өтуге болжамдық геологиялық қима

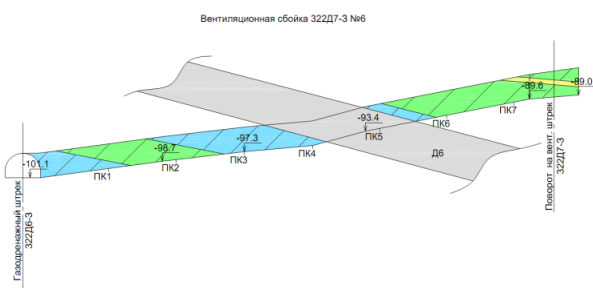
Қарастырылып жатырған аймақта қабаттың төбесінде орналасқан аргиллиттің қалыңдығы 1,5-2 м, ал оның жоғарғысындағы алевролиттің қалыңдығы 5,0 м – 26,5 м. ПК65-ПК82 аралығында қабаттың төбесінде 8,0 м – 16 м қалыңдықта алевролит жатыр. ПК7, ПК26+5 м, ПК37, ПК42, ПК51, ПК59, ПК75, ПК78+3,5, ПК82, ПК83+3, ПК99+5 бұл жерлерде геологиялық бұзылыстар ашылды.

6. Шекаралық желдету еңісі 31Д6-3 желдету штрегі 322-Д7-3 мен далалық тасымалдау штрегін 212Д6-3 қосады. Шекаралық желдету еңіс 31Д6-3 алевролиттермен қарсы түппен өтілген. ПК25-те желдету штрек 322Д7-3 жағынан шекаралық желдету еңіспен 31Д6-3 амплитудасы 14-15 м геологиялық бұзылыстар ашылды (4.17-сурет). ПК9-да далалық тасымал штрек жағынан 212Д6-3 шекаралық желдету еңісі 31Д6-3 Д6 қабатымен қиылысады. ПК6 мен ПК8 дейін қазба құмтастармен қазып өтілген. Қазбаның жалпы ұзындығы 680 м құрайды.



Сурет 4.17 – Шекаралық желдету еңісі 31Д6-3 бойынша нақты геологиялық қимасы

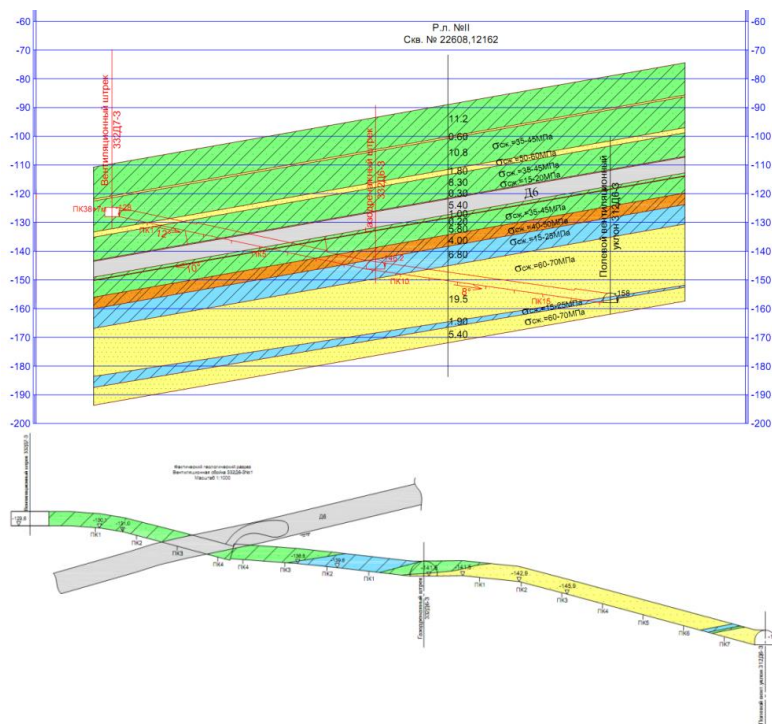
7. Желдету түйіспесі 332Д7-3№1 (4.18-сурет) желдету штрегінен 322д7-з желдету штрегіне 322д7-з дейін жүргізілген. ПК0-ден ПК6-ға дейін қазба аргиллиттер арқылы өтеді. ПК6-дан ПК24-ке дейін қазба алевролиттермен өтілген. Қазбаның ұзындығы 247 м болады.



Сурет 4.18 – Желдету түйіспесі 332Д7-3№1 бойынша нақты геологиялық қимасы

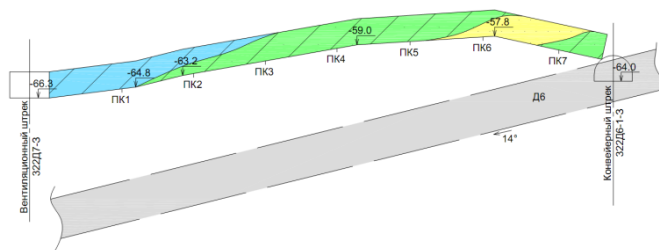
8. Желдету түйіспе 322Д7-3 №6 газодренаждық штрekten 322Д6-3 желдету штрекке 322Д7-з дейін өтілген. Желдету түйіспесінің 322Д7-з №6 ұзындығы 80 м болады.

9. Желдету түйіспе 332Д6-3 №1 желдету штрekten 332-Д7-3 далалық желдету еңіске 312 Д6-3 қарай өтілген. Желдету түйіспе 332Д6-3 №1 (4.19-сурет) желдету штрек жағынан 332Д7-3 ПК3-тегі дб қабатымен қиылысады. Газдренаждық штрегінің түйіспесінің төменгі жағынан далалық желдету еңіс түйіспесіне дейін түйіспе құмтастармен өтеді. Қазбаның ұзындығы 170 м құрайды [61, р. 52].



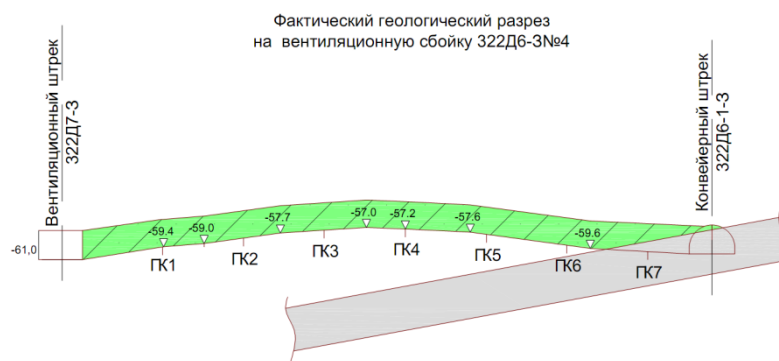
Сурет 4.19 – Желдету түйіспенің 332Д6-3 №1 болжамдық және нақты геологиялық қимасы

10. Желдету түйіспесі 322Д6-3 №3 (4.20-сурет) желдету штретінен 322-Д7-з бастап тасымалдау штретке 322д6-1-з дейін жүргізілді. ПК0 мен ПК2 аралығында қазба аргиллиттермен өтіп, ПК2 мен ПК6 аралығында алевролиттермен жүргізіліп, ПК6 мен ПК7 аралығында құмтастармен өтті. Түйіспенің ұзындығы 80 м болады.



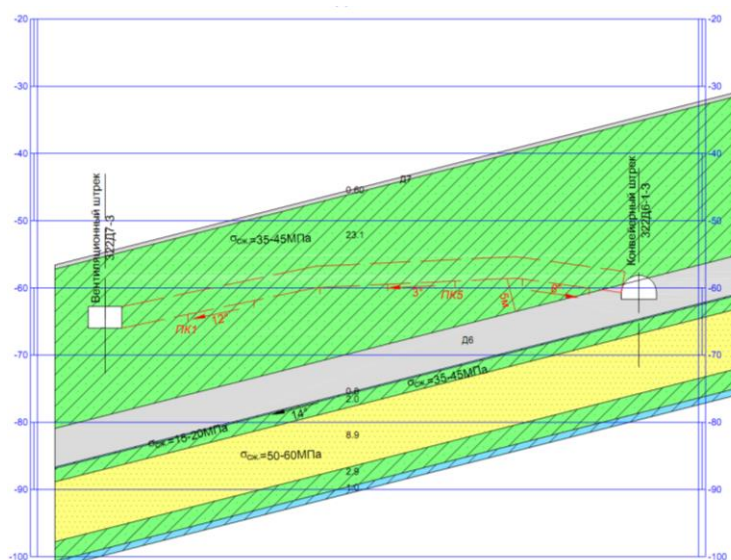
Сурет 4.20 – Желдету түйіспенің 332Д6-3 №3 нақты геологиялық қимасы

11. Желдету түйіспесі 322Д6-3№4 (4.21-сурет) желдету штреттен 322-д7-з тасымалдау штретке 322д6-1-з дейін созылған. ПК1-ден ПК7-ге дейін желдету түйіспесі алевролиттер арқылы өтілген. Қазбаның ұзындығы 75 м.



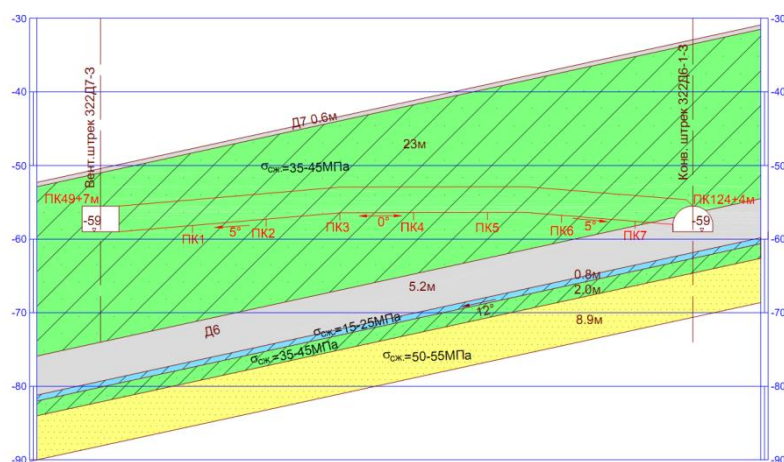
Сурет 4.21 – Желдету түйіспесі 332Д6-3 №4 бойынша нақты геологиялық қимасы

12. Желдету түйіспе 322Д6-3№5 желдету штреттен 322-д7-з тасымалдау штретке 322д6-1-з дейін жүргізілген (4.22-сурет). Желдету түйіспе алевролиттерде жүргізілген. Желдету түйіспесінің ұзындығы 75 метрден тұрады.



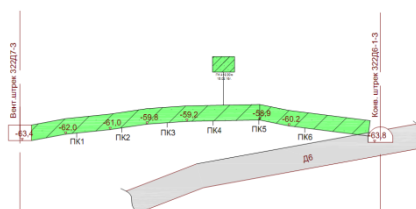
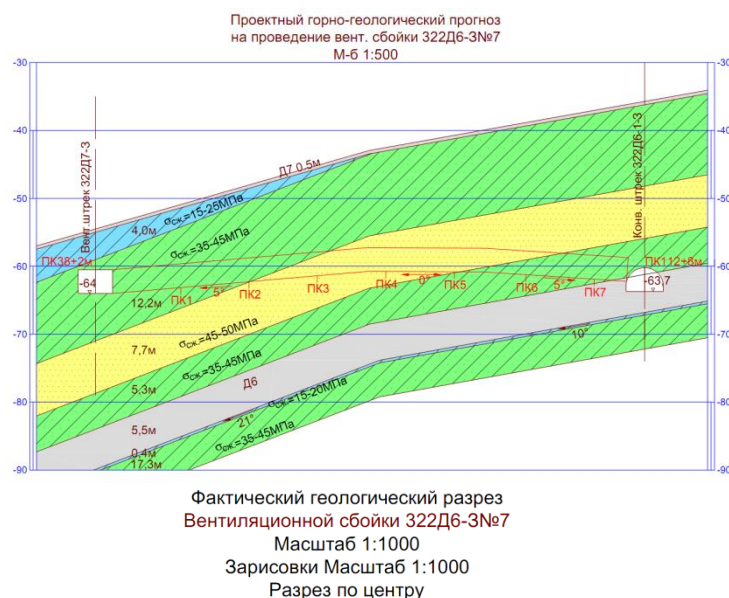
Сурет 4.22 – Желдету түйіспе 322Д6-3№5 қазылу бойынша болжамдық геологиялық қимасы

13. Желдету түйіспесі 322Д6-3№6 желдету штректен 322-д7-з тасымалдау штрекке 322д6-1-з дейін өтілген (4.23-сурет). Желдету түйіспесі алевролиттермен жүргізілген. Қазбаның ұзындығы 75 м құрайды.



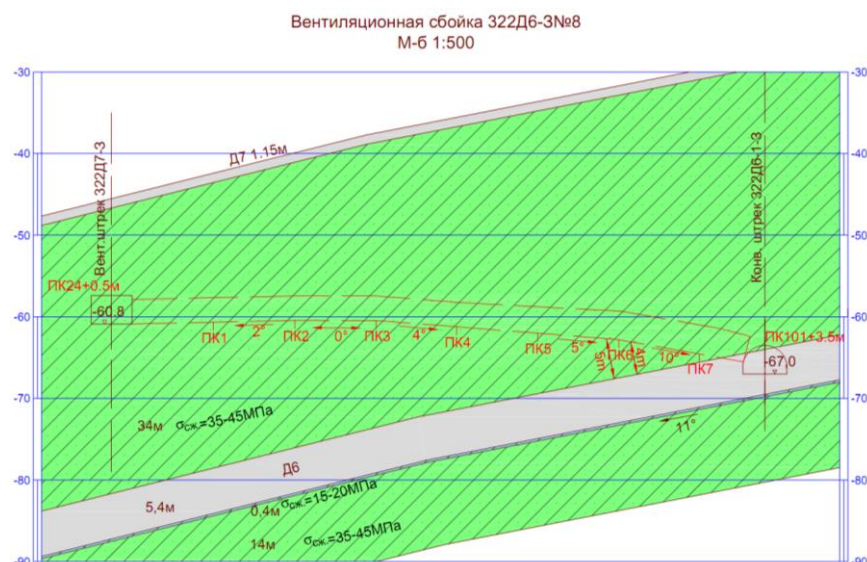
Сурет 4.23 – Желдету түйіспені 322Д6-3№6 өту бойынша болжамдық геологиялық қимасы

14. Желдету түйіспесі 322Д6-3№7 желдету штрегінен 322-д7-з тасымалдау штрекке 322д6-1-з дейін өтілген (4.24-сурет). ПК3-те құмтастардың қиылысуы жоспарланған, бірақ болжам дәлелденбеді. Қазба тұтастай алевролиттер бойынша өтілген. Желдету түйіспесінің ұзындығы 75 м болады.

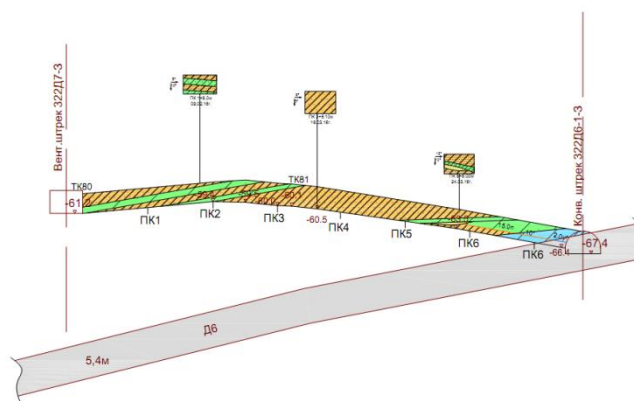


Сурет 4.24 – Желдету түйіспесі 322Д6-3№7 қазылу бойынша болжамдық және нақты геологиялық қималары

15. Желдету түйіспе 322Д6-3№8 желдету штректен 322-д7-з тасымалдау штрекке 322д6-1-з дейін өтілді. Тау-кен-геологиялық болжамға сәйкес желдету түйіспе 322Д6-3№8 алевролиттермен өтеді деп жоспарланды (4.25-сурет). Нақтысында түйіспенің көп бөлігі құмтастармен жүргізілген. Желдету түйіспесінің ұзындығы 75 м құрайды.



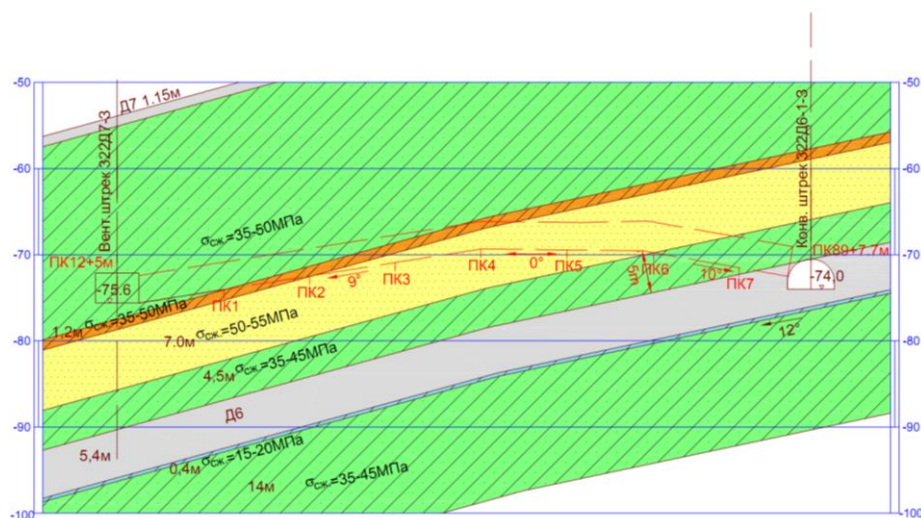
Фактический геологический разрез
Вентиляционной сбойки 322Д6-3№8
Масштаб 1:1000
Зарисовки Масштаб 1:1000
Разрез по центру



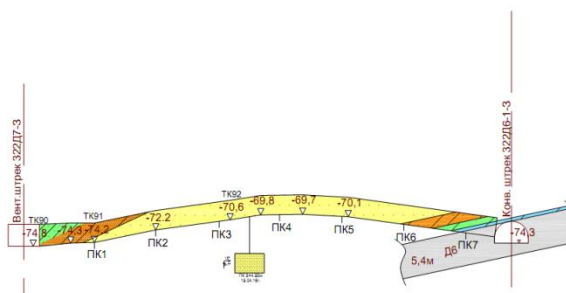
Сурет 4.25 – Желдету түйіспесі 322Д6-3№8 қазылу бойынша болжамдық және нақты геологиялық қималары

16. Желдету түйіспесі 322Д6-3№9 желдету штрегінен 322-д7-з тасымалдау штрекке 322д6-1-з дейін өтілді. Қималарды салыстырып қарағанда, нақты геологиялық қима болжамдық қимамен қанағаттанарлықтай сәйкес келеді. ПК 1 мен ПК7 аралығында қазбаның басым бөлігі құмтастармен жүргізілген қазба. Д6 қабатының төбесінде орналасқан аргиллиттер болжамдық қимада ескерілмеген. Желдету түйіспенің 322-Д6-3 №9 ұзындығы 75 м болады (4.26-сурет).

Проектный геологический разрез
вентиляционной сбойки 322Д6-3№9
Масштаб 1:500

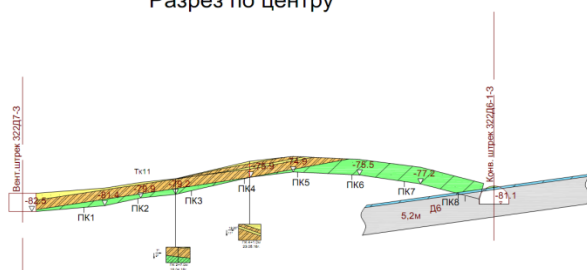
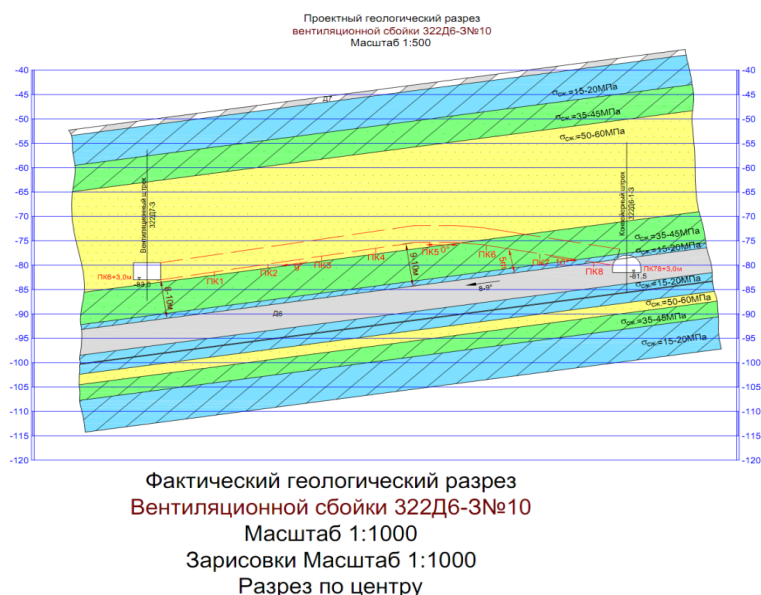


Фактический геологический разрез
Вентиляционной сбойки 322Д6-3№9
Масштаб 1:1000
Зарисовки Масштаб 1:1000
Разрез по центру



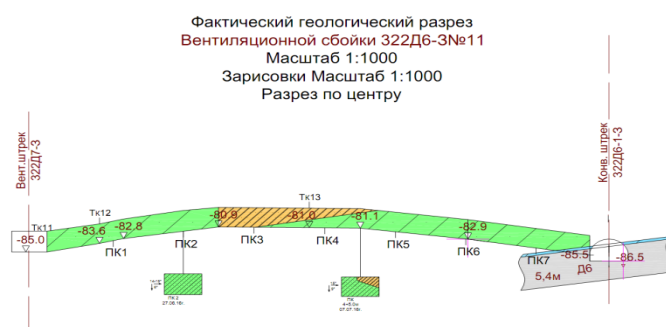
Сурет 4.26 – Желдету түйіспесі 332Д6-3 №9 бойынша болжамдық және нақты геологиялық қималары

17. Желдету түйіспесі 322Д6-3№10 желдету штрегінен 322-д7-з тасымалдау штрекке 322д6-1-з дейін жүргізілді. Қималарды салыстырып қарағанда, нақты геологиялық қима болжамдық геологиялық қимамен қанағаттанарлықтай сәйкес келеді. Желдету түйіспесі 322Д6-3№10 ПК1 мен ПК5 арасындағы құмтастар қабаты арқылы жүріліп, ПК5-тен бастап тасымалдау штректің 322д6-1-з түйіспесіне шейін алевролиттермен өтілген. Желдету түйіспенің 322Д6-3№10 ұзындығы 83 м (4.27-сурет).



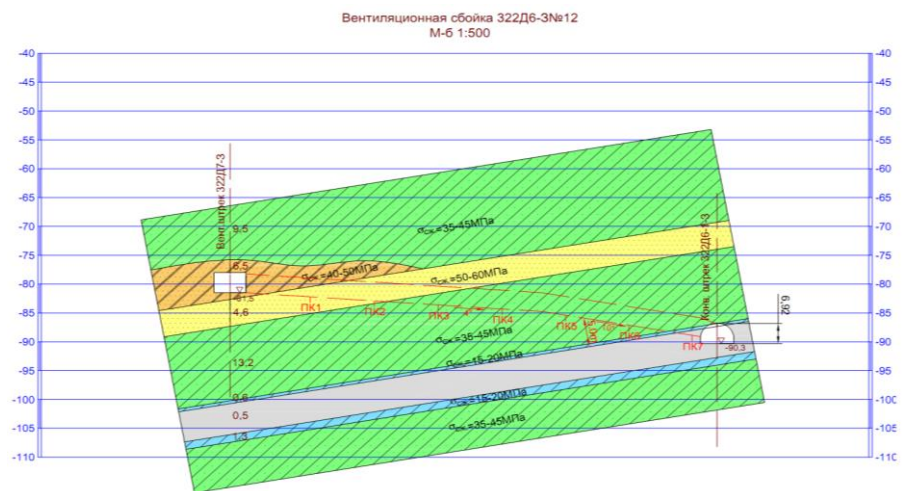
Сурет 4.27 – Желдету түйіспесі 332Д6-3 №10 бойынша болжамдық және нақты геологиялық қималары

18. Желдету түйіспе 322Д6-3№11 желдету штректен 322-д7-з бастап өткен (4.28-сурет). Қималарды салыстырып қарағанда, болжамдық геологиялық қима нақты геологиялық қимамен қанағаттанарлықтай сәйкес келеді. ПК3-ПК4 аралығындағы қазба болжамға сәйкес құмтас қабатын ашады. Түйіспенің ұзындығы 75 м құрайды.

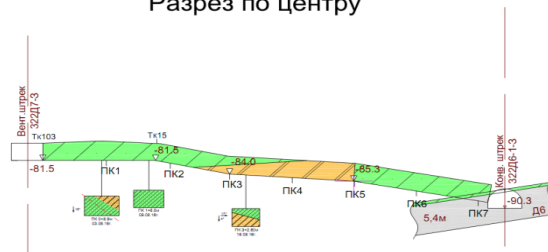


Сурет 4.28 – Желдету түйіспесін 332Д6-3 №11 өту бойынша нақты геологиялық қимасы

Желдету түйіспе 322Д6-3№12 желдету штректен 322д7-з бастап жүргізіледі (4.29-сурет). Нақты геологиялық қима болжамдық геологиялық қимамен салыстыру қанағаттанарлықтай сәйкес келеді. Түйіспенің ұзындығы 72 м құрайды.

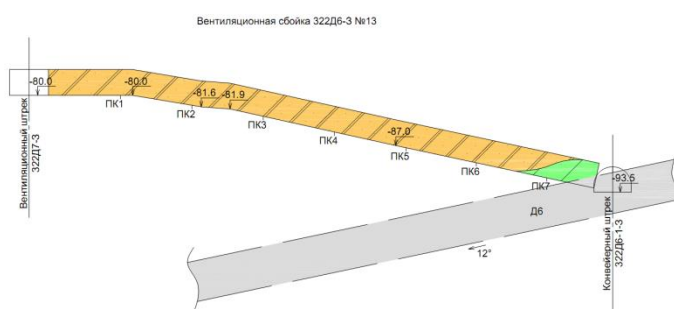


Фактический геологический разрез
Вентиляционной сбойки 322Д6-3 №12
Масштаб 1:1000
Зарисовки Масштаб 1:1000
Разрез по центру



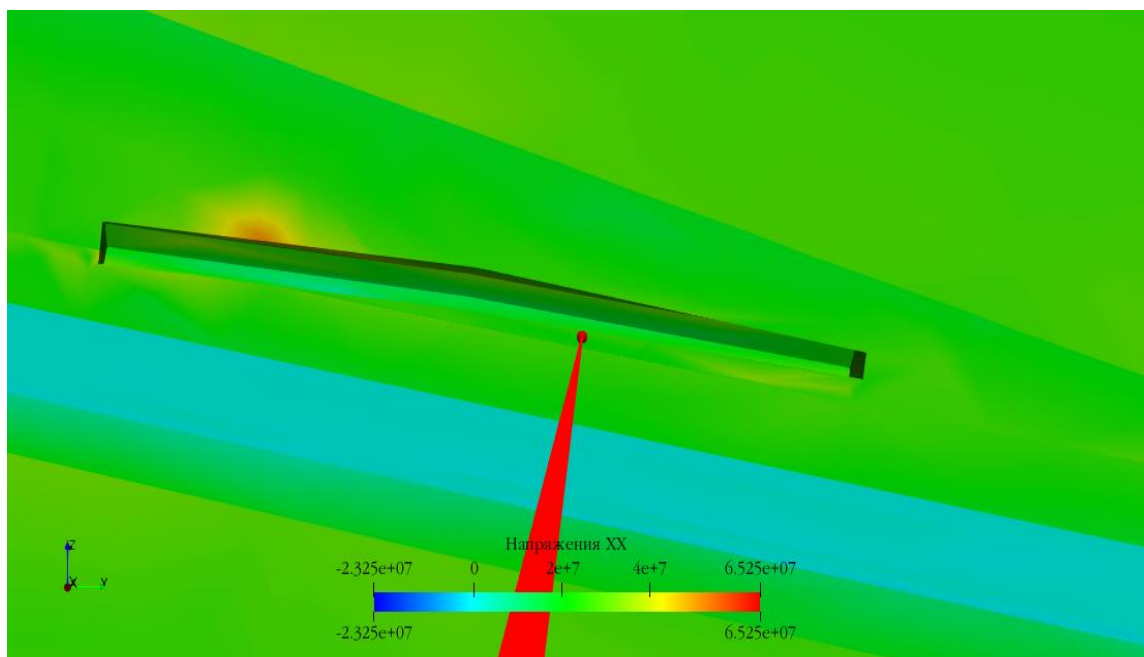
Сурет 4.29 – Желдету түйіспесі 332Д6-3 №12 бойынша болжамдық және нақты геологиялық қималары

19. Желдету түйіспесі 322Д6-3 №13 желдету штректен 322-д7-з бастап жүргізіледі (4.30-сурет). Желдету түйіспесі ПК7-ге дейін құмтастармен жүргізіледі.

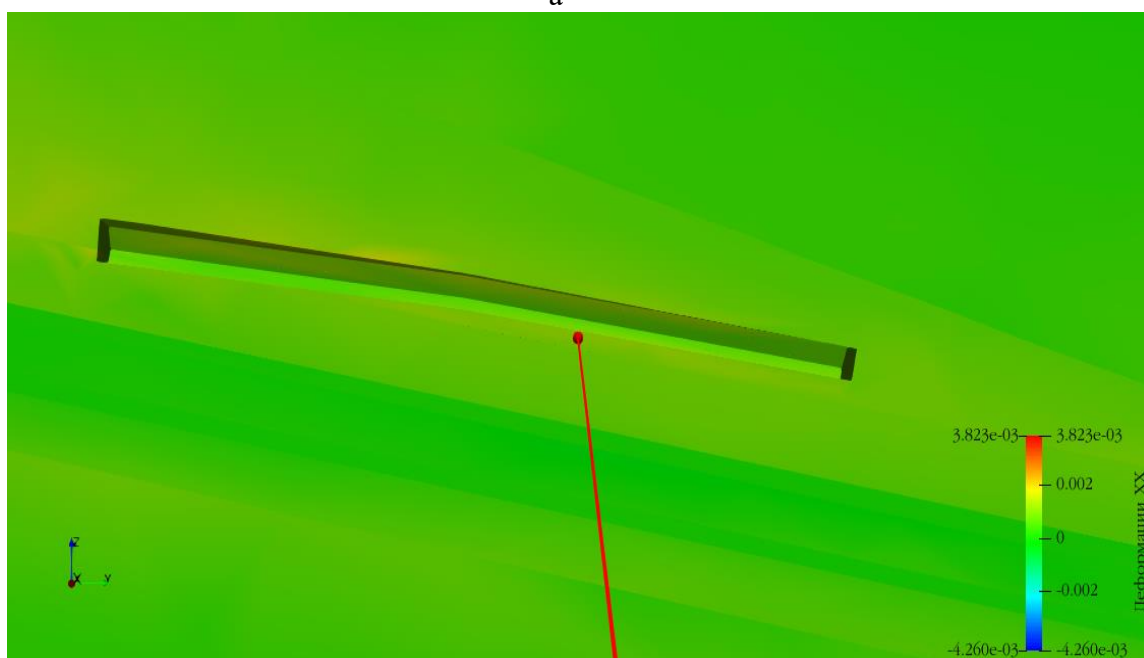


Сурет 4.30 – Желдету түйіспесін 332Д6-3 №13 өту бойынша нақты геологиялық қимасы

Желдету түйіспенің 332Д6-3 №13 ұзындығы 78 м (4.31-сурет).



а

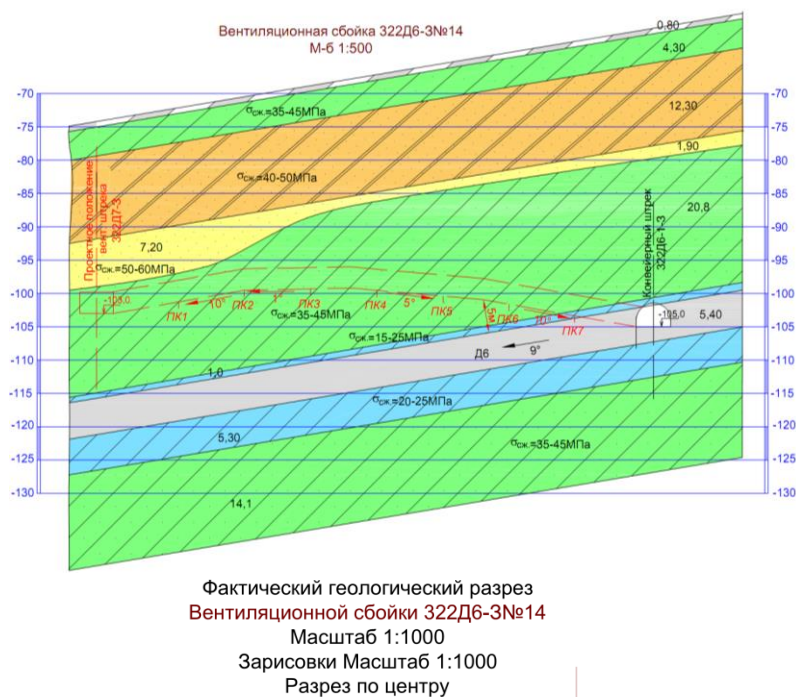


ә

а – напряжения XX; ә – деформации XX

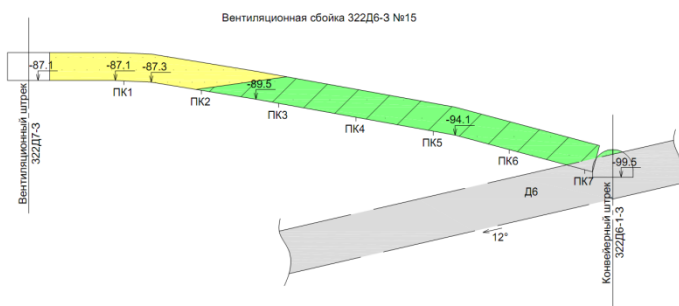
Сурет 4.31 – Желдету түйіспенің 332Д6-3 №13 кернеулі-деформациялық күйі

20. Желдету түйіспесі 322Д6-3№14 желдету штрегінен 322-д7-з бастап алевролиттермен өтеді (4.32-сурет). Нақты геологиялық қима болжамдық геологиялық қимамен салыстыру қанағаттанарлықтай сәйкес келеді. Түйіспенің ұзындығы 80 м.



Сурет 4.32 – Желдету түйіспе 332Д6-3 №14 бойынша болжамдық және нақты геологиялық қималары

21. Желдету түйіспесі 322Д6-3 №15 желдету штректен 322-д7-з тасымалдау штрекке 322д6-1-з дейін жүргізіледі (4.33-сурет). ПК2-ге дейін қазба құмтастармен өтеді, ары қарай ПК3-тен тасымалдау штрекке 322д6-1-з дейін алевролиттермен жүргізіледі. Қарастырылып жатқан аймақта дб қабатының төбесінде алевролиттер орналасқан.



Сурет 4.33 – Желдету түйіспесі 332Д6-3 №15 бойынша нақты геологиялық қимасы

Желдету түйіспесінің 332Д6-3 №15 ұзындығы 70 м болады.

Қарастырылған аймақта 23 қазбалар бөлінген. Қазбаның жалпы ұзындығы 9028 м болады.

Бөлім бойынша қорытынды

Жүргізілген зерттеулер негізінде келесі қорытынды жасауға болады:

Модельденген аймақтың өлшемдері 1500x450x66 (төбеде 40 м, табанда 20 м).

Модельдеген аймақта физикалық-механикалық қасиеттері зерттелген және жұмысқа келтірілген құмтас, алевролит, аргиллит, көмір кездеседі.

Физика-механикалық қасиеттерді талдау тау жыныстарының кейбір параметрлерінің көптеген мәндерге ие екенін және оларды бір уақытта бірнеше тау жыныстарына қолдануға болатындығын көрсетті. Мәндердің мұндай ретсіз таралуы (серпімділік модулі, Пуассон коэффициенті және т.б.) тау жыныстарының массивін жеткіліксіз зерттеудің салдары болуы мүмкін.

Қарастырылып отырған учаскеде жалпы ұзындығы 9028 м болатын жиырма үш қазба бөлінді.

Өткен және жобаланған қазбалар бойынша деректерді талдау болжамды геологиялық қималар әрдайым расталмайтындығын көрсетеді.

Көмір қабатының конфигурациясы, жеке литологиялық айырмашылықтардың төмен қалыңдығы, модельденген аймақтың үлкен ұзындығы геологиялық модельді жасауды қиындатады.

Аймақты модельдеуді бірнеше кезеңмен жүргізу ұсынылады, ал бірінші кезеңде модельдеудің келесі кезеңінің шекараларындағы кернеу мәндерін алу үшін литологиялық айырмашылықтардың физика-механикалық қасиеттерін орташа деңгейге келтіруге болады.

Кернеудің табиғи өрісін анықтау бойынша бұрын жүргізілген зерттеулерге сәйкес тік максималды кернеулер 16,75 МПа құрайды, бүйірлік созылу коэффициенті $\lambda = 0,5$ құрайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Орындалған жұмыстың нәтижесінде келесі **қорытынды** жасауға болады:

1. Тау-кен сілеміндегі механикалық процестердің дамуын сапалы, әрі сандық болжауға модельдеудің сандық әдісін қолдануға болады.

2. Қазіргі күнге дейін қолданылып келген сандық геомеханикалық модельдер тек жеке алынған аймақтарды сипаттауға ғана қолданылып келді. Заманауи компьютерлік технологиялар сандық геомеханикалық модельдерді кен орнын толығымен сипаттауға мүмкіндігі ашылды.

3. Игеру жағдайларын талдау, қазбалардың айналасындағы тау жыныстарында болатын геомеханикалық процестердің белгіленген заңдылықтары және практикалық тәжірибе шақтыларда қарнақтық бекітпемен кемінде 35-40%, қарнақтық бекітпемен металлрамалық бекітпенің конструкцияларымен үйлескенде - жүргізілетін қазбалардың жалпы ұзындығының кемінде 30-35% сәтті бекітілуі мүмкін деген қорытындыға әкеледі.

4. Көмірі алынған лаваның шетінен 150 м аралығында кернеулер күрт өседі. 150 м асқаннан кейін өсу қарқыны баяулайды. Қазбаның ортасында туындайтын кернеулер шетінде орналасқан нүктемен салыстырғанда үш есе үлкен болуы мүмкін.

5. Геомеханикалық модель үшін алгоритм жасалынды, сол бойынша тазартпа жұмыстарының әсер ететін аймағындағы дайындау қазбаларының желісіне қазып алынған кеңістіктің әсері зерттелді. Үлкен модельден әр қазбаға бөліп алынып оның кернеулі-деформациялы күйі зерттелді. Жазықтықтағы модельдің кемшілігі барлық қажетті жерлерді есепке алалмайды, үшөлшемді модельдеудің мүмкіншілігі зор, өйткені қазіргі есептеу техникаларының есептеу потенциалын артуына байланысты үлкен аумақты немесе бүтіндей кеніштің моделін тұрғызып есептеуге болады.

6. Қарастырылған жағдайда көмірі алынған лаваның дайындау қазбасына әсер ету аймағы 70 м аспайды. Жалпы модельде ықшамдалған шартты алынды, зерттеу нәтижелері натуралық бақылаумен сәйкес келді.

7. Тау-кен қазбаларының маңайындағы тау жыныстарының ығысуы мен бекітпеге түсетін жүктемелер қазып алынған кеңістікке қатысты қазбалардың орналасуына және контур маңындағы массивтің кернеулі-деформациялы күйіне байланысты қалыптасатыны анықталып, зерттелді.

Тау-кен қазбаларына жақын геомеханикалық процестерді зерттеуге арнайы әзірленген математикалық модель тау-кен қазбаларын және бекіту параметрлерін және түрлерін таңдауды бұрын қазып алынған лавалардың тірек қысымының әсерін ескере отырып негіздеуге мүмкіндік беретіні нақтыланды.

8. Қазып алынған кеңістіктің өлшемі мен қазып алынған кеңістікке қатысты дайындау қазбаларының орналасуына байланысты тазарту жұмыстарының әсер ету аймағындағы дайындау қазбаларының бекітпелеріне ығысулар мен жүктемелердің қалыптасу заңдылықтары анықталды. Бағанның шартты ортасынан екі есе шамаға ерекшеленетін әртүрлі қашықтықта бұрын

пайдаланылған лаваға нормаль бойынша орналастырылған дайындау қазбаларының бекітпесіне жүктемені негізделініп есептелінді. Қазбалар мен қазып алынған кеңістіктің орналасуын ескеретін бекітпеге түсетін жүктемені есептейтін әдістеме дайындалды.

9. Әр дайындық қазбаға есептелініп үшөлшемді моделдеу жасалынып тұрғызылды.

10. Алынған нәтижелер бұрын жасалған ғалымдардың еңбегімен салыстырылды, дәлдігі мен дұрыстығына көз жеткізілді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ливинский И.С., Митрофанов А.Ф., Макаров А.Б. Комплексное геомеханическое моделирование: структура, геология разумная достаточность // Горный журнал. – 2017. – №7. – С. 51-55.
- 2 Ghabrae B., Ren G., Smith J., Holden L. Application of 3D laser scanner, optical transducers and digital image processing techniques in physical modelling of mining-related strata movement // International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. – 2015. – Vol. 80. – P. 219-230.
- 3 Зенько Д.К., Узбекова А.Р. Рейтинговые классификации массивов горных пород и их практическое применение // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – №13. – С. 273-275.
- 4 Кузьмин Е.В., Узбекова А.Р. Рейтинговые классификации массивов горных пород: предпосылки создания, развитие и область применения // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – №13. – С. 201-203.
- 5 Imashev A., Suimbayeva A., Zholmagambetov N. et al. Research of possible zones of inelastic deformation of rock mass // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2018. – Vol. 2, Issue 428. – P. 177-184.
- 6 Hoek E., Carter T., Diederichs M. Quantification of the Geological Strength Index Chart // Proceed. of 47th US Rock Mechanics/Geomechanics sympos. – San Francisco, 2013. – P. 65.
- 7 Nicolíć M., Roje-Bonacci T., Ibrahimbegović A. Overview of the numerical methods for the modelling of rock mechanics problems // Tehnički vjesnik. – 2016. – Vol. 23, Issue 2. – P. 627-637.
- 8 Pariseau W.G., Larson M.K., Lawson H.E. et al. User-friendly finite element design of main entries, barrier pillars, and bleeder entries // International Journal of Mining Science and Technology. – 2018. – Vol. 28. – P. 3-10.
- 9 Бахтыбаев Н.Б., Кыдрашов А.Б., Керімбаева Н.Б. Кен орнын геомеханикалық модельдеудің заманауи әдістерін талдау // Горный журнал Казахстана. – 2019. – №7. – С. 36-39.
- 10 Pande G.N., Beer G., Williams J.R. Numerical methods in rock mechanics. – Chichester etc.: John Wiley, 1990. – 327 p.
- 11 Jing L., Hudson J. Numerical methods in rock mechanics // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2002. – Vol. 39. – P 410-427.
- 12 Coggan J., Gao F., Stead D., Elmo D. Numerical modelling of the effects of weak immediate roof litology on coal mine roadway stability // International Journal of Coal Geology. – 2012. – Vol. 90-91. – P. 100-109.
- 13 Jing L. A review of techniques, advances and outstanding issues in numerical modelling for rock mechanics and rock engineering // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2003. – Vol. 40. – P. 283-353.
- 14 FLAC – Fast Lagrangian analysis of continua Online Manual // <https://www.itascacg.com/software/FLAC>. 15.08.2021.

- 15 Hoek E., Brown E.T. Underground excavations in rock. – London: The Institution of Mining and Metallurgy, 1980. – 536 p.
- 16 Pan X.D., Reed M.B. A coupled distinct element-finite method for large deformation analysis of rock masses // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. – 1991. – Vol. 25. – P. 93-99.
- 17 Jing L., Stephanson O., Discrete Fracture Network (DFN) Method // In book: Developments in Geotechnical Engineering. – London: Elsevier, 2007. – P. 365-398.
- 18 Bobet A. Numerical Methods in Geomechanics // Arabian Journal for Science & Engineering. 2010. – Vol. 35, Issue 1B. – P. 27-48.
- 19 Bobet A., Fakhimi A., Johnson S. et al. Numerical models in discontinuous media: Review of advances for rock mechanics applications // Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering. – 2009. – Vol. 135. – P. 1547-1561.
- 20 Starfield A.M., Cundall P.A. Towards a methodology for rock mechanics modelling // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. – 1998. – Vol. 25. – P. 99-103.
- 21 Wiles T. Evidence based model calibration for reliable predictions // Proceed. 4th internat. seminar on Deep and High Stress Mining (Deep Mining 07). – Perth, 2007. – P. 7-9.
- 22 Vlachopoulos N., Diederichs M.S. Improved Longitudinal Displacement Profiles for Convergence Confinement Analysis of Deep Tunnels // Rock Mechanics and Rock Engineering. – 2009. – №42. – P. 131-146.
- 23 Ревуженко А.Ф. Трёхмерная модель линейно упругого тела со структурой // Физическая мезомеханика. – 2021. – №3. – С. 26-35.
- 24 Сергеев Л.С., Даценко В.И. Математическая модель жестко-пластического тела // Вестник ИпГТУ. – 2003. – №1(13). – С. 31-33.
- 25 Hajiabdolmajid V., Kaiser P. Brittleness of rock and stability assessment in hard rock tunneling // Tunnelling and Underground Space Technology. – 2003. – №18. – P. 35-48.
- 26 Meyer L.H.I., Coggan JS, Stead D. Three-dimensional modeling of sequential tunnel advance // In book: FLAC and numerical modeling in geomechanics. – London: CRC Press, 2001. – P. 383-390.
- 27 Brinkgreve R.B. Selection of soil models and parameters for geotechnical engineering application // In book: Soil Constitutive Models: Evaluation, Selection, and Calibration. – Austin, 2005. – P. 69-98.
- 28 Smith I.M., Griffiths D.V. Programming the finite element method. – Ed. 4th. – Hoboken: Wiley, 2004. – 45 p.
- 29 Potts D., Zdravkovic L. Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering: theory. – London: Thomas Telford, 2001. – 440 p.
- 30 Brinkgreve R.B., Engin E. Validation of geotechnical finite element analysis // Proceed. of the 18th internat. conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Paris, 2013. – P. 677-682.
- 31 Hoek E., Carranza-Torres C., Corkum B. Hoek-Brown failure criterion-2002 edition // Proceed. of NARMS-Tac. – Toronto, 2002. – P. 267-273.

32 Plaxis Version Material Models Manual // <http://www.plaxis.nl/files/files/2D2011-3-Material-Models.pdf>. 15.04.2021.

33 Hoek E., Kaiser P.K., Rbawden W.F. Support of Underground Excavations in Hard Rock. – London, 2000. – 228 p.

34 Hajiabdolmajid V., Kaiser P., Martin C. Modelling brittle failure of rock // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2002. – Vol. 39. – P. 731-741.

35 Wilson A.H. A method of estimating the closure and strength of lining required in drivages surrounded by a yield zone // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. – 1980. – Vol. 17. – P. 349-355.

36 Hammah R., Curran J. It is better to be approximately right than precisely wrong: Why Simple Models Work in Mining Geomechanics // Proceed. 43rd US Rock Mechanics sympos. and 4th U.S. – Asheville, 2009. – P. 1-8.

37 Pan X.D., Hudson J.A. Plane strain analysis in modelling three-dimensional tunnel excavations // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. – 1991. – Vol. 28. – P. 93-99.

38 Wilson A.H. The stability of underground working in the soft rocks of the Coal Measures // International Journal of Mining Engineering. – 1983. – Vol. 1. – P. 91-187.

39 Marinos P., Hoek E. GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation // Proceedings of the GeoEng 2000 at the International Conference on Geotechnical and Geological Engineering, – Melbourne, 2000. – P. 1422-1442.

40 Hoek E. Estimates of rock mass strength // http://www.rocsience.ca/hoek/pdf/Estimates_of_rock_mass_strength.pdf. 03.07.2021.

41 Sakurai S. Lessons learned from field measurements in tunnelling // Tunneling and Underground Space Technology. – 1997. – №12. – P. 453-460.

42 Terzaghi K., Peck R.B., Mesri G. Soil mechanics in engineering practice. – Ed. 3rd. – NY.; Chichester: Wiley, 1948. – P. 122-129.

43 Демин В.Ф., Барсуков С.В. Оценка проблемы совершенствования технологии крепления горных выработок // Студент и научно-технический прогресс: тез. докл. межвуз. студен. науч. конф. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2008. – С. 491-492.

44 Мейер Л. Обзор состояния выработок с анкерной крепью и рекомендации на будущее. – Караганда: УД Испат-Кармет, 2004. – 64 с.

45 Временная инструкция по расчету и применению анкерной крепи на шахтах Карагандинского бассейна / Институт проблем комплексного освоения недр. – Караганда, 1998. – 66 с.

46 Инструкция по выбору рамных, податливых крепей горных выработок / под ред. Н.П. Бажина – СПб., 1991 – 123 с.

47 Черняк И.Л., Бурчаков Ю.И. Управление горным давлением в подготовительных выработках глубоких шахт. – М.: Недра, 1984. – 304 с.

48 Klemetti T.M., Van Dyke M.A., Tulu I.B. et al. A case study of the stability of a non-typical bleeder entry system at a U.S. longwall mine // International Journal of Mining Science and Technology. – 2020. – №30. – P. 25-31.

49 Демин В.Ф., Алиев С.Б., Кушеков К.К. и др. Исследование характера деформирования боковых пород вокруг горной выработки с анкерным креплением в зависимости от угла падения и глубины анкерирования приконтурного массива // Перспективы горно-транспортного оборудования. – 2012. – №2. – С. 191-203.

50 Демин В.Ф., Яворский В.В., Демина Т.В. и др. Влияние угла наклона на напряженно-деформированное состояние массива горных пород вокруг выработки // Уголь. – 2012. – №11. – С. 66-69.

51 Алиев С.Б., Демин В.Ф., Демина Т.В. и др. Установление параметров анкерного крепления в зависимости от горно-технологических условий эксплуатации выработок // Уголь. – 2013. – №1. – С. 69-72.

52 Демин В.Ф., Бахтыбаев Н.Б., Демина Т.В. и др. Прогнозирование смещений приконтурного массива пород горных выработок // Современные технологии на горнодобывающих предприятиях. – 2012. – №7. – С. 9-21.

53 Смирнов А.В., Григорьев А.Е. Экономическая оценка применения систем комбинированной крепи капитальных выработок угольных шахт // Научные ведомости. – 2015. – №21(218), вып. 33. – С. 132-136.

54 Рогачков А.В., Позолотин А.С., Ренев А.А. и др. Сталеминеральная анкерная крепь в сложных горногеологических условиях угольных шахт // Геотехнология. – 2015. – №3. – С. 35-37.

55 Смирнов В.А., Хлусов А.Е., Самородов Б.Н. Совершенствование облегченных видов крепи горных выработок // Записки Горного института. – 2010. – Т. 185. – С. 118-122.

56 Šňupárek R., Konečný Pr. Stability of roadways in coalmines alias rock mechanics in practice // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2010. – №2(3). – P. 281-288.

57 Hamid M. Coal pillar mechanics of violent failure in U.S. Mines // International Journal of Mining Science and Technology. – 2017. – Vol. 27, Issue 3. – P. 387-392.

58 Maleki H, Lewis L. Verification of in-situ pillar strength for Utah Coal Seams // Proceed. of 44th U.S. rock mechanics sympos. – Salt lake City, 2010. – P. 460-472.

59 Демин В.Ф., Яворский В.В., Демина Т.В., Чванова А.О. Обоснование технологических схем анкерного крепления при проведении горных выработок // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – №6-1. – С. 27-32.

60 Болгожин Ш.А., Клиновицкий Ф.И. Геомеханические условия охраны подготовительных выработок при отработке угольных пластов. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 88 с.

61 Takhanov D., Muratuly B., Kydrashov A. et al. Geomechanics substantiation of pillars development parameters in case of combined mining the

contiguous steep ore bodies // Mining of Mineral Deposits. – 2021. – Vol. 15. – P. 50-58.

62 Имашев А.Ж., Бахтыбаев Н.Б., Тилеухан Н. и др. Численное моделирование геомеханических процессов с помощью программы “Phase²” // Горный журнал Казахстана. – 2013. – №7. – С. 10-13.

63 Имашев А.Ж., Суимбаева А.М., Абдибаитов Ш.А. и др. Обоснование оптимальной формы сечения горных выработок в соответствии с рейтинговой классификацией // Уголь. – 2020. – №6. – С. 4-9.

64 Арыстан И.Д., Баизбаев М.Б., Матаев А.К. и др. Выбор и обоснование технологии крепления подготовительных выработок в условиях неустойчивых массивов на примере рудника «10-лет Независимости Казахстана» // Уголь. – 2020. – №6. – С. 10-14.

65 Rafiee A., Vinches M. Application of geostatistical characteristics of rock mass fracture systems in 3D model generation // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2008. – Vol. 45, Issue 4. – P. 644-652.

66 Kring K., Chatterjee S. Uncertainty quantification of structural and geotechnical parameter by geostatistical simulations applied to a stability analysis case study with limited exploration data // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2020. – Vol. 125. – P. 1-11.

67 LinQ., Cao P., Meng J. et al. Strength and failure characteristics of jointed rock mass with double circular holes under uniaxial compression: Insights from discrete element method modelling // Theoretical and Applied Fracture Mechanics. – 2020. – Vol. 109. – P. 1-14.

68 Lee H., Jeon S. An experimental and numerical study of fracture coalescence in pre-cracked specimens under uniaxial compression // Int. J. Solids Struct. – 2011. – Vol. 48(6). – P. 979-999.

69 Fan X., Kulatilake P.H.S.W., Chen X. Mechanical behavior of rock-like jointed blocks with multi-non-persistent joints under uniaxial loading: A particle mechanics approach // Engineering Geology. – 2015. – Vol. 190. – P. 17-32.

70 Гелескул М.Н., Каретников В.Н. Справочник по креплению капитальных и подготовительных выработок. – М.: Недра, 1982. – 479 с.

71 Колоколов С.Б. Расчет параметров поддерживающей и анкерной крепи горизонтальных горных выработок: учеб. пос. – Караганда: Карагандинский политехнический институт, 1990. – 64 с.

72 Hoek E.T. Alternative ground control strategies in underground construction // Procced. internat. sympos. "Practices and trends for financing and contracting tunnels and underground works". – Athens, 2012. – P. 2-26.

73 Hoek E., Carter T.G., Diederichs M.S. Quantification of the Geological Strength Index Chart // Procced. 47th US Rock Mechanics/Geomechanics sympos. held. – San Francisco, 2013. – P. 2-9.

74 Колоколов С.Б. Численный анализ разрушения массива вокруг арочной выработки // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1988. – №5 – С. 114-117.

75 Судариков А.Е., Бахтыбаев Н.Б., Кыдрашов А.Б. “Phase²”

бағдарламасын тазартылған кеңістік пен қазба арасындағы сілемнің кернеулі-деформациялы күйін сандық моделдеуде қолдану: халық. ғыл.-практ. онлайн конф. (№13 Сағынов оқулары). – Қарағанды, 2021. – Б. 515-517.

76 Сатибекова С.Б. Создание геолого-геофизической модели для прогноза устойчивости пород кровли угольных пластов карагандинского бассейна: дис. ... док. PhD: 6D070600. – Алматы, 2019. – 133 с.

77 Пак Г.А., Бедарев А.С., Долгоносков В.Н. и др. Прогноз шагов обрушения кровли в лаве 312-Дб–1-3 на шахте «Казахстанская» // Актуальные проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера: матер. 3-й междунар. науч.-конф. – Караганда, 2013. – С. 178-181.

78 Shan R., Huang P., Yuan H. et al. Research on the full-section anchor cable and C-shaped tube support system of mining roadway in island coal faces // Journal of Asian Architecture and Building Engineering. – 2021. – Vol. 21. – P. 1-12.

79 Aziz N., Rasekh H., Mirzaghorbanali A. et al. An Experimental Study on the Shear Performance of Fully Encapsulated Cable Bolts in Single Shear Test // Rock Mechanics and Rock Engineering. – 2018. – Vol. 51, Issue 7. – P. 2207-2221.

80 Chen J., Hagan P.C., Saydam S. Load transfer behavior of fully grouted cable bolts reinforced in weak rocks under tensile loading conditions // Geotechnical Testing Journal. – 2016. – Vol. 39, Issue 2. – P. 252-263.

81 Blanco M., Tijani M., Hadj-Hassen F. A new analytical solution to the mechanical behaviour of fully grouted rockbolts subjected to pull-out tests // Construction and Building Materials. – 2011. – Vol. 25, Issue 2. – P. 749-755.

82 Freeman T.J. Behaviour of fully-bonded rock bolts in the kielder experimental tunnel // Tunnels Tunnelling. – 1978. – Vol. 10, Issue 5. – P. 37-40.

83 Судариков А.Е., Кыдрашов А.Б., Богжанова Ж.К. Кен орнында қолданатын әртүрлі бекітпелердің қолдану аясы мен шектеулері // Горный журнал Казахстана. – 2021. – №2. – Б. 24-28.

84 Цай Б.Н. Термоактивационная природа прочности горных пород. – Караганда: КарГТУ, 2007. – 204 с.

85 Демин В.Ф., Яворский В.В., Демина Т.В. и др. Обоснование технологических схем анкерного крепления при проведении горных выработок // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – №6-1. – С. 27-32.

86 Глушко В.Т., Виноградов В.В. Разрушение горных пород и прогнозирование проявления горного давления. – М.: Недра, 1982. – 192 с.

87 Кыдрашов А.Б., Ашекенова А.А., Тажибаев Д.К. Түйіспе қазбасына кернеудің әсерін тау-кен технологиялық параметрлерді ескеріп сандық модельдеу // Ғылым және білім. – 2022. – №1. – Б. 184-191.

88 Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика подземных сооружений и конструкций крепей: учеб. – М.: Недра, 1984. – 415 с.

89 Демин В.Ф., Кыдрашов А.Б., Барсуков С.В. и др. Применение технологий упрочнения пород кровли быстротвердеющими составами // Горный журнал Казахстана. – 2021. – №5. – С. 36-40.

90 Тажибаев Д.К., Кыдрашов А.Б., Абдығалиева А.К. и др. Тазартпа кеңістігінің маңындағы сілемнің кернеулі-деформациялы күйін сандық модельдеу // Қазақстанның кен журналы. – 2021. – №9. – Б. 18-23.

ҚОСЫМША А

Актілер енгізу

БЕКІТЕМІН
ҚарТУ Академиялық
Мәселелер жөніндегі
проректоры-Басқарма мүшесі
А.М. Темербаева
«» 2022 ж.



Диссертациялық жұмыс нәтижесін оқу үрдісіне енгізу туралы АКТ

6D070700 «Тау-кен ісі» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған Кыдрашов Адилжан Бекежановичтің диссертациялық жұмысында баяндалған «Тау-кен қазбаларын қазып алу жұмыстарының әсер ететін аймақтарда бекіту параметрлерін геомеханикалық модель көмегімен негіздеу» Қарағанды техникалық университеті Тау-кен факультетінің «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасында оқу үдерісіне енгізілді.

Зерттеу нәтижелері 6M070700 «Тау-кен ісі» мамандығы бойынша магистратураның дәріс, зертханалық және практикалық сабақтарында «Тау-кен ісіндегі инжиниринг» білім беру бағдарламасы, B071 «Тау-кен ісі және пайдалы қазбаларды өндіру білім беру бағдарламасы», 6B07207 «Тау-кен кәсіпорындары мен жер асты құрылыстарын салу» мамандығы бойынша оқу үрдісіне енгізілді.

ПКОҚӨ каф. меңгерушісі
PhD докторы



А.Ж. Имашев

Ғылыми жетекші
т.ғ.к., ПКОҚӨ каф. доценті м.а.



Н.Б. Бахтыбаев

Докторант



А.Б. Кыдрашов

AKT

Заместитель директора
ТОО “Mining Research Group”

Научный руководитель, к.т.н.



А.Ж. Имашев

Н.Б. Бахтыбаев

А.Б. Кыдрашов

ҚОСЫМША Ә

Авторлық куәлік

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ

РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫҢ
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ

КУӘЛІК

2022 жылғы «19» сәуір № 25242

Автордың (лардың) жөні, аты, әкесінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):
ҚЫДРАШОВ АДИЛЖАН БЕКЕЖАНОВИЧ

Авторлық құқық объектісі: **ҒЫЛЫМИ ТУЫНДЫ**

Объектінің атауы: **«Қазақстан» шахтасы жағдайында сандық моделдеудің алгоритмін дайындау**

Объектіні жасаған күні: **17.04.2022**

Құжат түпнұсқалығын <http://www.kazpatent.kz/ru> сайтының
"Авторлық құқық" бөлімінде тексеруге болады. <https://copyright.kazpatent.kz>

Подлинность документа возможно проверить на сайте [kazpatent.kz](http://www.kazpatent.kz)
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

ЭЦҚ қол қойылды

А.Естаев