

«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ

ӘОЖ 622.6

Қолжазба құқығында

АЙТПАЕВА АРАЙЛЫМ РЫМБЕКОВНА

**Геологиялық бұзылыстар аймағында тау-кен жұмыстарын өту кезінде
лақтыруға қарсы шараларды әзірлеу**

Мамандығы 6D070700 – «Тау-кен ісі»

Философия докторы (PhD) дәрежесін
алуға диссертация

Ғылыми кеңесші: «Пайдалы қазбалар кен
орындарын өңдеу» кафедрасының профессоры,
техника ғылымдарының докторы
Исабек Т.К.

PhD
Н.Хуанган

Шетелдік ғылыми кеңесші:
ГММТУ профессоры,
техника ғылымдарының докторы
А.Е.Воробьев
(РФ, Мәскеу)

Қазақстан Республикасы
Қарағанды, 2022

МАЗМҰНЫ

	ҚЫСҚАРТУЛАР МЕН БЕЛГІЛЕУЛЕР.....	4
	КІРІСПЕ.....	5
1	ГЕОЛОГИЯЛЫҚ БҰЗЫЛЫСТАР АЙМАҚТАРЫНДА КӨМІР МЕН ГАЗДЫҢ КЕНЕТТЕН ЛАҚТЫРЫЛЫСТАРЫНЫҢ МЕХАНИЗМІ ТУРАЛЫ МӘСЕЛЕНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАЙ-КҮЙІ.....	9
1.1	Тектоникалық кернеулердің әсері тұрғысынан кенеттен лақтырылыстардың табиғаты мен механизмі туралы қазіргі идеялар.....	9
1.2	Көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстарын болжау және оларға қарсы күрес тәсілдерін талдау, тектоникалық бұзылыстар аймақтарында лақтырылыстарға қарсы шараларды жетілдіру.....	14
1.3	Қарағанды көмір бассейнінде көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстарының көріну ерекшеліктері	20
1.4	Зерттеудің мақсаттары мен міндеттерін белгілеу.....	30
	1-бөлім бойынша тұжырымдар	31
2	ГЕОЛОГИЯЛЫҚ БҰЗЫЛЫСТАР АЙМАҒЫНДА ГАЗДИНАМИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫНЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ.....	33
2.1	Геологиялық бұзылыс аймақтарындағы газдинамикалық құбылыстардың геомеханикалық сипаты	33
2.2	Газдинамикалық құбылыстар процесінің динамикасы.....	40
2.3	Көмір мен газдың кенеттен лақтырылыс процесін моделдеу.....	42
2.3.1	Бұзылыс аймағында көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстарын моделдеу әдістемесі.....	42
	2-бөлім бойынша тұжырымдар	56
3	ҚАРАҒАНДЫ БАССЕЙНІНІҢ ШАХТАЛАРЫНДА КӨМІР МЕН ГАЗДЫҢ КЕНЕТТЕН ЛАҚТЫРЫЛЫСТАРЫНЫҢ ПАЙДА БОЛУЫ КЕЗІНДЕ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ БҰЗЫЛЫСТАРДЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ	57
3.1	Бастапқы деректер және кенеттен лақтырылыстарды моделдеудің есептік үлгісі	57
3.2	Қазбалар айналасындағы және геологиялық бұзылыс аймағындағы кернеу өрістерін сандық моделдеу және зерттеу.....	59
3.3	Сілемнің кернеулі-деформацияланған күйін сандық моделдеу нәтижелері негізінде лақтырылыс мүмкіндігін болжау.....	68
	3-бөлім бойынша тұжырымдар	72
4	КӨМІР МЕН ГАЗДЫҢ КЕНЕТТЕН ЛАҚТЫРЫЛЫСТАРЫНЫҢ БОЛДЫРМАУЫ ҮШІН ІС-ШАРАЛАРДЫ ӘЗІРЛЕУ ЖӨНІНДЕГІ ҰСЫНЫМДАР.....	74
4.1	Тектоникалық бұзылыстың дислокациясын және оның	

	қазбасының кенжарына қатысты өзара орналасуын болжаудың геофизикалық тәсілдері.....	74
4.2	Тау-кен сілемінің тұтастығының анықталған бұзылыс аймақтарына газ-дренаж ұңғымаларын бұрғылау схемаларын есептеу үшін геологиялық бұзылыстар аймақтарында қазба контурының бұзылыс учаскелерін оқшаулаудың сандық инженерлік әдістемесі.....	74
4.3	Тау-кен сілемінің тұтастығының бұзылысының анықталған аймақтарына газ-дренаж ұңғымаларын бұрғылау схемалары.....	78
	4-бөлім бойынша тұжырымдар.....	88
	ҚОРЫТЫНДЫ	90
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	93
	А ҚОСЫМШАСЫ – Диссертациялық жұмыс нәтижесін оқу үрдісіне енгізу туралы акт	
	Б ҚОСЫМШАСЫ – Ғылыми зерттеулердің нәтижелерін өндірістік қызметіне енгізу актісі	
	В ҚОСЫМШАСЫ – Авторлық құқығымен қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік тізілімге мәліметтерге енгізу туралы куәлік	
	Г ҚОСЫМШАСЫ – Ресей Федерациясы, Мәскеу қаласының «МИСиС» Ұлттық зерттеу технологиялық университетінде» ғылыми тағылымдамадан өткені туралы сертификат	
	Д ҚОСЫМШАСЫ – Украина мемлекеті, Киев қаласының «Тарас Шевченко атындағы Киев ұлттық университетінде» ғылыми тағылымдамадан өткені туралы сертификат	
	Е ҚОСЫМШАСЫ – Геологиялық бұзылыстар аймақтарында лақтырылыс қауіпті қабаттар бойынша тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде қазба контурының бұзылыс учаскелерін оқшаулаудың жетілдірілген сандық инженерлік әдістемесі	
	Ж ҚОСЫМШАСЫ – ККГЛ каталогы	

ҚЫСҚАРТУЛАР МЕН БЕЛГІЛЕУЛЕР

АМТ АҚ КД	– «Арселор Миттал Теміртау» акционерлік қоғамы Көмір департаменті
КеАҚ	– Коммерциялық емес акционерлік қоғам
ПМУЗУ	– Пермь мемлекеттік ұлттық зерттеу университеті
ҒА	– Ғылым Академиясы
ГДК	– Газдинамикалық көрініс
ПМО	– Парамагниттік орталықтар
ЖТҚ	– Жоғары тау қысымы
КДК	– Кернеулі-деформацияланған күй
MATLAB	– Матрицалық зертхана (арнайы біріктірілген бағдарламалық орта)
СЭӨ	– Соңғы элемент әдісі
Structural Mechanics Plane Stress	– Құрылыс механикасы – жазық кернеу жағдайы
Micromine БҚЕ	– Micromine бағдарламалық қамтамасыз ету
COMSOL, Multiphysics, ABAQUS	– Бағдарламалық құралдар негізіндегі компьютерлік технологиялар
ТКК	– Тау-кен қазу комбайны
АК	– Акустикалық сигнал
ККГЛ каталогы	– Кенеттен көмір мен газ лақтырылыстары катлогы



КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта Қарағанды бассейнінде көмір өндіру тау-кен жұмыстарын қарқындатумен, әзірлеу тереңдігін арттырумен, тау-кен геологиялық жағдайлардың күрделенуімен, жаңа технологиялық шешімдерді әзірлеумен және іске асырумен байланысты.

Қарағанды бассейнінде жоғары газды көмір қабаттарын игеру газдинамикалық құбылыстармен күрделенген. Қазіргі уақытта шахтерлер үшін ең үлкен қауіп – олардың табиғаты мен болжау мүмкіндіктерін жеткіліксіз зерттеу салдарынан көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстары тудырады. Шахтада жұмыс істейтін адамдардың лақтырылыс өнімдерімен зақымдану қаупі ауаның таза ағысын өзгерту және учаскенің, қанаттың және бүкіл шахтаның тау-кен қазбаларын газдандыру мүмкіндігімен күрделенеді.

Қарағанды бассейніндегі барлық кенеттен лақтырылыстар геологиялық бұзылыстар аймақтарында және бұзылған көмір аймақтарында болды. Бұл, ең алдымен, көмір мен газдың кенеттен лақтырылысына бейім көмір қабаттарының күрделі құрылымымен, олардың орнықтылығын төмендететін болжамды тектоникалық бұзылыстармен және қабаттанған беріктігі аз қораптардың болуымен түсіндіріледі. Тәжірибе тау-кен жұмыстарымен ауысатын геологиялық бұзылыстардың тек 10%-ы ғана лақтырылыс қаупі бар болып табылады, бірақ бұл ретте геологиялық барлау жұмыстары сатысында бұзылысты алдын ала болжау тек 15%-дан аспайтын жағдайда ғана мүмкін болатынын көрсетті. Сондықтан тектоникалық бұзылған аймақтарды болжау мәселесі лақтырылыс қаупі бар қабаттарды әзірлейтін шахталар үшін өзекті болып табылатыны сөзсіз.

Осы бағыттағы ғалымдардың, зерттеушілер мен өндірісшілердің жұмысының салдары болып табылатын апаттық жағдайлардың алдын алу ісіндегі қол жеткізілген жетістіктерге қарамастан, талдау мен тәжірибе көрсеткендей, көмір шахталарындағы лақтырылыс қаупінің жай-күйі қауіпті құбылыстарды болжау мен алдын алу әдістерін одан әрі теориялық зерделеуді және тәжірибелік жетілдіруді талап етеді.

Геологиялық бұзылыстары бар учаскелерде тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде газдинамикалық құбылыстарды болжау мен алдын алудың ғылыми негізделген шараларын әзірлеу **өзекті ғылыми проблеманы** білдіреді, оның шешімі лақтырылыс қаупі бар қабаттарда тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде қауіпсіздік деңгейін арттыруға бағытталған.

Жұмыс мақсаты лақтырылыстарға қарсы іс-шараларды жетілдіру үшін геологиялық бұзылыс пен лақтырылысқа қауіпті қабаттар бойынша жүргізілетін қазба айналасындағы сілемнің тұтастығы бұзылу аймақтарының даму заңдылықтарын анықтаудан тұрады.

Жұмыс идеясы көмір қабаттарының беріктігі мен деформациялық қасиеттерін, қазбалар және геологиялық бұзылыстар сипаттамаларын ескере отырып, сілем тұтастығының өзгеру салдары ретінде дизъюнктивті геологиялық бұзылыстар және газдинамикалық құбылыстың пайда болуы

ауданында қазбалар айналасында тау-кен сілемнің кернеулі-деформациялық күйін сандық моделдеуіне негізделеді.

Зерттеудің негізгі міндеттері:

1. Қарағанды бассейні жағдайында көмір қабаттарының және жыныстардың тектоникалық бұзылысын зерттеу, шахталық өрістер шегіндегі тектоникалық жыртылыс бұзылыстарын сандық сипаттау.

2. Геологиялық бұзылыстар болған кезде контур контурға жақын тау сілемінің кернеулі-деформацияланған күйінің өзгеру заңдылықтарын зерттеу әдісін әзірлеу.

3. Сандық имитациялық модельге жүргізілген зерттеулер нәтижесі негізінде геологиялық бұзылыстар аудандарында тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде газдинамикалық құбылыстардың алдын алу бойынша шараларды әзірлеу үшін сілем тұтастығының бұзылыс аймағын анықтау әдісін әзірлеу.

Жұмыста қолданылатын зерттеу әдістері:

- зерттеу бағыты бойынша ғылыми-техникалық, патенттік-лицензиялық және әдеби ақпарат көздерін талдау және жалпылау;

- геологиялық бұзылыстар ауданында қазба айналасында тау-кен сілемдерінің кернеулі-деформацияланған жай-күйін математикалық моделдеу;

- тау-кен сілемі үшін беріктік теориясын қолдана отырып геомеханика міндеттерін шешу әдістері;

- деректерді сандық және статистикалық талдау және түсіндіру әдістері;

- алынған нәтижелерді жалпылаудың және талдаудың практикалық зерттеулерін орындау.

Қорғауға шығарылатын ғылыми қағидалар:

1. Газдинамикалық құбылыстардың потенциалды ошақтары ретінде контур маңындағы сілемнің тұтастығы бұзылған аймақтардың үзілісті геологиялық бұзылыстар мен тау-кен қазбалары кернеу өрістерінің өзара әрекеттесуі арқылы анықталады. Негізгі және көлденең кернеулердің әсерінен сілемнің тұтастығының бұзылу аймағы геологиялық бұзылыстың төменгі шекарасынан 4 тен 10 метрге дейінгі қашықтықта қалыптасады;

2. Кенеттен лақтырылыстарының пайда болу аймақтарының өлшемі мен таралуы жүргізілген қазба мен геологиялық дизъюнктивті бұзылыстың орналасуына байланысты. Қазбаның сол жағында тұтастықтың бұзылуының қатерлі аймағы табанынан шамамен 2 м биіктікте (яғни биіктіктің жартысы); оң жағында – сол жақтан 1,2 – 1,4 м қашықтықта, мұнда сілем шекті тепе-теңдік күйінде болады;

3. Кенеттен лақтырылыстарының ең үлкен қаупі геологиялық бұзылыстарынан және қазбаның созғыш кернеулер өрістерінің бірігу (қосу) кезінде туындайды. Бұл аймақта көлденең созылу кернеулері γH -тан 1,7-2,9 есе асады.

Зерттеу нәтижелері мен қорытындыларының дұрыстығы:

- модельдерді құру кезінде зерттеу міндеттерін дұрыс қоюмен және аэрогаздинамика мен геомеханиканың іргелі ережелерін қолданумен, қабылданған бастапқы алғышарттардың, зерттеу әдістерінің негізділігімен және

табиғи шахталық бақылаулардың нәтижелерін талдау кезінде алынған қорытындылардың сәйкестігімен;

- Қарағанды бассейнінің жағдайлары үшін сандық модельдердегі есептеулер мен эксперименттік зерттеулер нәтижелерінің қанағаттанарлық жинақталуымен;

- халықаралық, республикалық және өңірлік конференцияларда, кеңестерде және негізгі ғылыми ережелердің ашық баспасөзде жарияланымдарындағы жұмысты апробациялаумен расталады.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы:

- табиғи геологиялық бұзылыстың өзара әсері және тау-кен қазбаларын жүргізу арқылы сілемге технологиялық араласу салдарынан кернеу өрістерінің қалыптасу ерекшеліктері анықталды;

- дизъюнктивті бұзылыстардың болуын және орналасуын ескере отырып, газдинамикалық құбылыстар пайда болатын потенциалды аймақтарды анықтау мақсатында сандық моделдеу үшін тау-кен жыныстары механикасының теоретикалық ережелері мен беріктік теориясын қолдану мүмкіндігі дәлелденген.

Автордың жеке үлесі ғылыми-қолданбалы проблемаларды және зерттеу міндеттерін қоюдан, олардың шешу әдістемесін әзірлеуден, аналитикалық және эксперименталды зерттеулерді орындауға жеке қатысудан, тектоникалық бұзылыстар ауданында қазба айналасында тау-кен сілемінің кернеулі-деформацияланған жай-күйін моделдеу алгоритмдерін әзірлеуден тұрады.

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелердің **ғылыми маңызы** көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстарының туындау жағдайларын қалыптастыруды теоретикалық негіздеуден, тектоникалық бұзылыстар ауданында өткізілетін қазба айналасындағы тау-кен сілемінің кернеулі-деформацияланған күй процестерін математикалық моделдеу әдістерін әзірлеуден, геологиялық бұзылыстар аймақтарында тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде газдинамикалық құбылыстардың алдын алудың ғылыми негізделген әдістерін әзірлеуден тұрады.

Жұмыстың тәжірибелік маңызы:

- тектоникалық бұзылыстар аймақтарында лақтырылыс қаупі бар қабаттар бойынша тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде кенеттен лақтырылыстардың алдын алуға бағытталған нақты өндірістік міндеттерді тиімді шешуге мүмкіндік беретін әдістемелік құжаттарды, қолданбалы бағдарламаларды әзірлеуде;

- геологиялық бұзылыстар аймақтарында дайындық қазбаларын қауіпсіз жүргізу тәсілдерін және лақтырылыс қаупі бар қабаттар бойынша дайындық қазбаларын жүргізуге қатысты бөлігінде нормативтік құжаттардың тармақтарын түзету жөніндегі ұсыныстарды негіздеуде болып табылады;

Жұмысты іске асыру. Автор әзірлеген ғылыми нәтижелер мен тәжірибелік ұсынымдар «Геологиялық бұзылыстар аймағында лақтырылыс қаупі бар қабаттар бойынша тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде қазба контурының бұзылыс учаскелерін оқшаулаудың жетілдірілген сандық инженерлік әдістемесін» жасау кезінде қолданылды.

Жұмысты апробациялау. Диссертациялық жұмыстың негізгі ережелері: «Дамушы әлемдегі геология» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (ПМҒЗУ, Ресей, Пермь, 2017 ж. 18-21 сәуірі); Сібір тау-кен геологиялық мектебінің негізін қалаушылар академик В.А. Обручевтің туғанына 155 жыл толуына, академик М.А. Усовтың туғанына 135 жыл толуына және Сібірдегі тау-кен инженерлерінің алғашқы түлектерінің 110 жылдығына арналған студенттер мен жас ғалымдар атындағы Халықаралық симпозиумде, Ресей, Томск, 2018 ж.; «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы - Ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияда (Сағынов оқулары № 10, 2018 ж.14-15 маусымы) баяндалып, мақұлдау алды.

Диссертация Қарағанды техникалық университетінің «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының отырысында баяндалып, мақұлданды (Қарағанды, 2022 ж.)

Жарияланымдар. Жұмыстың негізгі қағидалары 19 баспа жұмысында көрсетілген, оның ішінде Scopus базасына кіретін журналда жарияланған 1 мақала, Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласында сапаны қамтамасыз ету комитетінде ұсынған басылымдар тізбесіне кіретін журналдарда жарияланған 4 мақала, халықаралық конференцияда 9 тезисі және авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мәліметтерді енгізу туралы 5 куәлік.

Жұмыс құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, бес бөлімнен, қорытындыдан, баспа мәтінінің 88 парағынан, 98 атаудан тұратын пайдаланылған дерек көздердің тізімінен және 32 беттік қосымшадан тұрады.

Диссертациялық жұмыс «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасында орындалды.

Автор ғылыми консультанттар – т.ғ.д. Т.К. Исабекке, PhD докторы Н. Хуанганға және шетелдік консультант – т.ғ.д., проф. А.Е. Воробьевке, сондай-ақ «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының ұжымына, АМТ АҚ КД «Спецшахтомонтаждегазация» басқармасының мамандарына, «Геомарк» ЖШС ғылыми-зерттеу орталығына құнды кеңестер мен ескертулер үшін үлкен алғыс білдіреді.

1 ГЕОЛОГИЯЛЫҚ БҰЗЫЛЫСТАР АЙМАҒЫНДА КӨМІР МЕН ГАЗДЫҢ КЕНЕТТЕН ЛАҚТЫРЫЛЫСТАР МЕХАНИЗМІ ТУРАЛЫ МӘСЕЛЕНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАЙ-КҮЙІ

1.1 Тектоникалық кернеулердің әсері тұрғысынан кенеттен лақтырылыстардың түп негізі мен механизмі туралы қазіргі ұғымдар

Қарағанды бассейнінде іс жүзінде барлық кенеттен лақтырылыстар қазбалар ірі тектоникалық бұзылыстарға жақындаған кезде геологиялық бұзылыстар аймақтарында, бұл бұзылыстарға ілеспе ұсақ бұзылыстар аймақтарында, қойнауқаттың арту немесе кему аймақтарында, сондай-ақ қойнауқат гипсометриясының шұғыл пликативті өзгеру аймақтарына өтті. Көмір және газ лақтырылыстарының 59 жағдайында 29 лақтырылыс ығысу сияқты негізгі түріне жағдайларында жарылғыш бұзылыстарға, 19 – ұсақ тектоникалық бұзылыстар аймақтарына ыңғайластырылған, 11 лақтырылыс қойнауқат қуатының өзгеру аймағында (қойнауқаттың жіңішкеленуі немесе күмпиюі) өтті.

Газдинамикалық құбылыстардың (ГДҚ) алуан түрлілігі, олардың қалыптасуы мен іске асырылу жағдайларының әртүрлілігі ГДҚ мәнісі мен механизмін түсіндіретін әртүрлі гипотезалардың болуын анықтайды, бұл сайып келгенде болжаудың тиімді әдістері мен олармен күресу тәсілдерін таңдауда қиындықтар туғызады.

Тау-кен ғылымында академик А.А. Скочинскийдің көмір мен газдың кенеттен лақтырылуын [1] тау-кен және газ қысымының бірлескен әрекеті нәтижесінде белгілі бір физикалық қасиеттері бар (беріктік, құрылым, газдылық, газ бергіштік және т.б.) көмір қабатын бұзу процесі ретінде ұсынуы жалпыға бірдей танылған. А.А. Скочинскийдің ұстанымын растайтын немесе жоққа шығаратын заңдылықтарды іздеуде әртүрлі ғылыми мектептердің өкілдері, зерттеушілер 60 жылдан астам уақыт бойы көптеген табиғи эксперименттер, бақылаулар, аналитикалық зерттеулер жүргізді.

Академик С.А. Христианович [2, 3] кенеттен лақтырылыстардың таралу механизмін көмір сілемінен метанның жойылу кезіндегі шығарылу мүмкіндігін түсіндірді. Ол газдинамикалық құбылыстың дамуының екі сценарийін қарастырды. Лақтырылыс толқыны - бұл сілем тереңдігіндегі көмірдің бұзылысы және көмірдің бұзылысы сілем бетінен басталған кезде ұнтақтау толқыны. Сонымен қатар, ол көмір қабатының бұзылысы және кенеттен лақтырылыстардың дамуы қысымның айырмашылығына байланысты қабаттан шыққан метанның әсерінен болады деп санайды.

КСРО ҒА Механика мәселелері институтында [4-9] орындалған жұмыстардың кейбір нәтижелеріне жасалған талдау көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстары туралы қазіргі заманғы көзқарастар соңында келесіге дейін төмендейтінін көрсетті.

Қазбаның алдыңғы жағында жылжыған кезде әр түрлі мөлшердегі жарықтар жүйесі дамиды, бұл қабаттар мен жанас жыныстарын қоса алғанда,

кенжар маңындағы сілемнің белгілі бір көлемінде сақталатын серпімді деформациялардың потенциалдық энергиясының босатылуына әкеледі. Шығарылатын энергияға қосқан үлесі кеңейтілген газды да береді. Бөлінген энергия, өз кезегінде, бұзылыс жұмысына шығындалады және жойылған материалдың кинетикалық энергиясына өтеді. Құбылыстың энергетикалық балансы бірқатар жұмыстарда талқыланады [10-12].

Зерттеу нәтижелері [13] авторларды белгілі бір жағдайларда жойылған материал жоғары жылдамдықпен лақтырылады, ал сілемде өндіріс осіне белгілі бір бұрышпен бағытталған қуыстар пайда болады деген тұжырымға әкелді. Еркін газдың болуы босатылған серпімді энергияның ұлғаюы нәтижесінде де, қысымның пневматикалық көзіне ауысқан кезде де бұзылыс жарылғыш сипатқа ие болады [14].

Сілемдегі лақтырылыс қаупі бар жағдай кенжардың алдындағы әртектілік немесе шиеленісті учаскелер болған кезде пайда болуы мүмкін. Кернеулі-деформацияланған учаскелер тектоникалық бұзылыстарға, үлкен қысыммен немесе басқа факторлармен еркін газбен қаныққан үгітілген көмірдің болуына байланысты болуы мүмкін.

Кенеттен лақтырылыстарды босату сатысында таужыныстарының қысымына негізгі рөл атқаратын ғалымдар тобының жұмыстарына талдау жасалды. И.М.Печук, В.А. Шатилов және т.б. [15-17] кенеттен лақтырылыстар таужыныстарындағы қалдық тектоникалық кернеулердің әсерінен немесе сілемдегі тектоникалық процестердің әсерінен болады деп санайды.

А.Г. Оловянныйдың пікірінше [18] геологиялық бұзылыстың тектоникалық белсенділігі оның ығысу жазықтығының тектоникалық күштердің бағытына, максималды және минималды кернеулердің қатынасына және бұзылыс контактісіндегі үйкеліс бұрышына байланысты болады.

Көмір мен газдың кенеттен лақтырылу механизмін анықтау мәселелерін зерттеу кезіндегі көптеген зерттеушілердің пікірі тектониканың мәні қалдық тектоникалық кернеулермен ғана емес, сонымен қатар көмірдің бастапқы қасиеттерінің өзгеруімен – беріктіктің төмендеуімен және газдың бастапқы жылдамдығының жоғары мәнімен сипатталады деген сенім болып табылады. Осылайша, кенеттен лақтырылыстар ірі немесе ұсақ тектоникалық бұзылыстармен шектелген көмір қабаттарының тектоникалық бұзылған аймақтарында пайда болады деген болжам бар, онда көмірдің беріктігі төмен және газ бергіштіктің бастапқы жылдамдығының жоғары коэффициентін дәлелденген деп санауға болады.

Сонымен бірге, тектониканың әсері көмір қабаттарында метан таралысының пликативті және дизъюнктивті бұзылыстармен қойнауқаттардың күрделенуі кезінде газдың тереңдіктен бетіне көшу жағдайындағы айырмашылықтарға байланысты біркелкі болмайтыны болып табылады. Көмір кен орындары және олардың жеке бөліктерінің тектоникалық құрылымы көмір қабаттарының газдылығын және нәтижесінде, олардың кенеттен лақтырылыстар бойынша қауіптілігін айқындайтын басты факторлардың бірі болып табылады.

Тектоникалық процестер көмірлі түзілімдердің бастапқы қасиеттері мен құрылымының өзгеруін негіздейді. Көмір қабаттары бұл процестерге ең алдымен олардың жанама жыныстармен салыстырғанда төмен беріктігіне байланысты әрекеттеседі. Метаморфизм нәтижелері көмірдің газдинамикалық қасиеттеріне әсер ететіні сөзсіз.

О.И. Чернов және В.Н. Пузырев [19] қалдық тектоникалық кернеулер мен кенеттен лақтырылыстар арасындағы тікелей байланысқа күмән келтіреді. Олар жер қабатының көтерілуі мен төмендеуінде көрінетін жер сілкінісі және эпейрогенез түріндегі қазіргі тектоникалық процестер қалдық тектоникалық кернеулердің әсерінен туындаған құбылыстармен салыстырғанда анағұрлым күшті екендігі туралы түсіндірмелерді келтіреді. Олар жер қабатының көтерілуі мен төмендеуінде көрінетін жер сілкінісі және эпейрогенез түріндегі қазіргі тектоникалық процестер қалдық тектоникалық кернеулердің әсерінен туындаған құбылыстармен салыстырғанда анағұрлым күшті екендігі туралы түсіндірмелерді келтіреді. Сондықтан, егер қазіргі тектоникалық белсенділікпен кенеттен лақтырылыстардың пайда болуы байланысты емес екендігі көрсетілсе, онда мұндай байланыс қалдық тектоникалық кернеулермен байланысты болмауы керек. Егер сіз тектониканың кенеттен лақтырылысына белсенді әсерін жақтаушылар тұжырымдамасын ұстанатын болсаңыз, онда тау жыныстарындағы қалдық тектоникалық кернеулердің сақталу ықтималдығы жоғары, сондықтан суқоймалардың үлкен лақтырылыстары кейінірек қатпарланған бассейндер мен кен орындарында болуы керек, керісінше, кернеулердің ұзақ релаксациясы салдарынан ежелгі қатпарлы бассейндер мен кен орындары кенеттен лақтырылулар бойынша аз қауіптілікпен сипатталуы керек.

Қалдық тектоникалық кернеулер туралы О. И. Чернов пен В. Н. Пузыревтің көзқарастары белгілі бір дәрежеде жеңілдетілген және толық емес, атап айтқанда: олар геологиялық бұзылыс пайда болған тектоникалық кернеулердің жалпы мәндерін қарастырмайды және қалдық кернеулердің сипаты мүлдем дұрыс емес.

Бастапқы тектоникалық кернеулер соншалықты маңызды болды, олар бір-біріне қатысты үлкен қуатты тау жыныстарының көмір қабатының өзара тік қозғалыстарын жасады, яғни олар белгілі бір жұмыс жасады, нәтижесінде тектоникалық ақаулар (дизъюнктивтер) және олармен бірге жүретін тау жыныстарының бұзылыс құбылыстарымен пликативті ығысулар болды. Тектоникалық күштердің әсерінен тау жыныстарының жойылуы тау жыныстарының қабаттарының өзара тік ығысуынсыз, егер олар бұл үшін жеткіліксіз болса, орын алуы мүмкін, бірақ сонымен бірге қысу көлденең күштері белгілі бір қабаттар тобының уақытша қысылу кернеулерінен жоғары болуы керек. Сонымен, қабаттардағы көлденең кернеулер уақытша қысу кернеулерінен аспаған кезде (немесе олар релаксация процестеріне байланысты осы кернеу күйіне дейін төмендеді), сілем ұзақ уақыт сығылған күйде болуы мүмкін.

Геологиялық бұзылыстың тектоникалық активтенуі негізгі максималды және минималды кернеулердің үлкен мәндерімен байланысты. Сонымен, А.Г. Оловянныйдың деректері бойынша [20] геологиялық бұзылыстың тектоникалық белсенділігі оның тектоникалық күштердің бағытына, максималды және минималды кернеулердің қатынасы мен бұзылыс түйіспесіндегі үйкеліс бұрышына байланысты болады:

$$T \geq \frac{\sin \alpha' \cos \alpha' + \sin^2 \alpha' \operatorname{tg} \rho}{\sin \alpha' \cos \alpha' - \sin^2 \alpha' \operatorname{tg} \rho} > 1, \quad (1.1)$$

мұндағы, α' - геологиялық бұзылыс жазықтығының ең жоғары басты кернеуге бағыты;

ρ – жыныстардың ішкі үйкеліс бұрышы.

Сонымен, егер тектоникалық күш бұзылыс жазықтығына 450 бұрышпен бағытталса, онда ол бұзылыстың активтенуіне әкеледі

$$T \geq \frac{1 + \operatorname{tg} \rho}{1 - \operatorname{tg} \rho}. \quad (1.2)$$

мұндағы, бөлгіш нөлден үлкен болуы керек болғандықтан, $\pi/2 - \alpha' > \rho$ шарт орындалуы керек. Карбонатты цементі бар құмтас үшін $\rho = 36^\circ$ онда $T \geq 6,3 \cdot \sigma_{\min}$. Бұрын белгіленгендей, айтарлықтай максималды кернеулерде $\sigma_{\min} \approx \gamma H$, яғни $\gamma = 2,5_{\text{тс/м}^3}$ және $H = 500$ м тереңдікте, біз $T \approx 7880_{\text{тс/м}^2}$ аламыз.

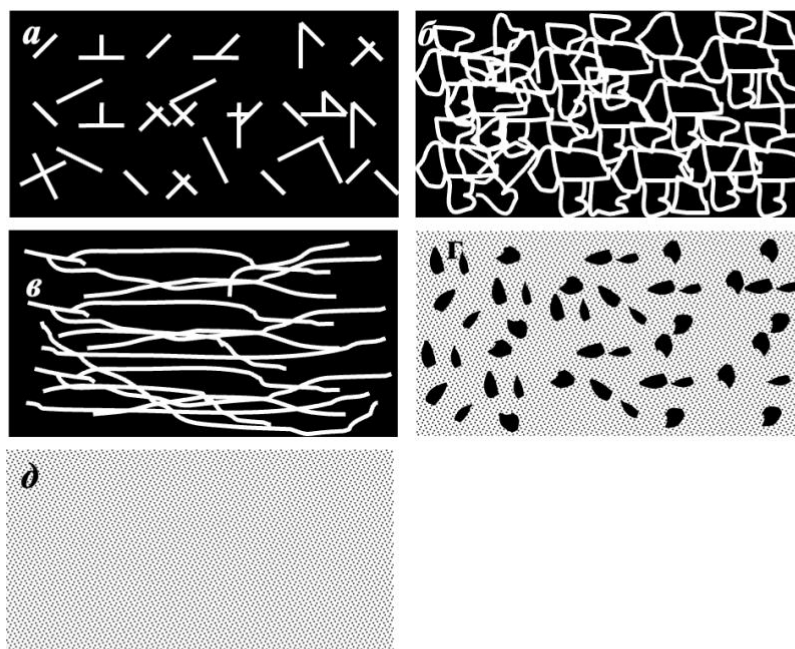
Зерттеушілердің басым көпшілігінде көмір мен газдың кенеттен лақтырылуын қарастырған кезде тектоника мәні қалдық тектоникалық кернеулерден басқа, көмірдің бастапқы қасиеттерінің өзгеруімен де сипатталады. Оның ұсақталуы мен езілуі нәтижесінде мұндай көмір бір жағынан төмен беріктікке ие және екінші жағынан газ берудің бастапқы жылдамдығының жоғарылауымен, сондай-ақ кейбір жағдайларда жоғары газдылықпен сипатталады. Көмірдің күші төмен және газ беру қабілеті жоғарылаған ірі немесе ұсақ тектоникалық бұзылыстардың таралу орындарына орайластырылған тектоникалық бұзылған көмірлер болған кезде кенеттен лақтырылыс орын алатындығын дәлелденген деп санауға болады. Бұл тектоникалық процестер әсерінің көмір мен газдың кенеттен лақтырылуына әсер ететін жақтарының бірі.

Тектоника әсерінің екінші жағы мынада: қабаттар пликативті және дизъюнктивті бұзылыстармен асқынған кезде метанның көмір қабаттарындағы таралуы метанның тереңдіктен бетіне көшу жағдайындағы айырмашылықтарға байланысты біркелкі болмайды. Көмір кен орындарының және олардың жекелеген бөліктерінің тектоникалық құрылымы көмір қабаттарының

газдылығын анықтайтын негізгі факторлардың бірі олардың кенеттен лақтырылу қаупі болып табылады.

Тектоникалық процестер көмір түзілімдерінің бастапқы пішіні мен құрылымының бұзылысына әкеледі. Көмір қабаттары негізгі жыныстармен салыстырғанда беріктігі аз, сондықтан олар бірінші кезекте осы процестерге жауап береді. Тектоникалық процестердің қарқындылығын қатпарлылық және дизъюнктивті бұзылыстар, сондай-ақ көмірдің тектоникалық құрылымдары мен көмір қабаттарының құрылымы бойынша бағалауға болады.

Көмірдің тектоникалық құрылымы деп көмір бөлшектерінің (түйіршіктерінің) морфологиясы (пішіні) мен мөлшері түсініледі. Көмір қабаттарының тектоникалық құрылымы бөлшектердің кеңістіктік бағдарлануын және олардың қабат ішінде орналасуын көрсетеді. Тектоникалық құрылымдар көмірдің бұзылыс, бытыраңқылық дәрежесін білдіреді, ал текстуралар тектоникалық күштердің әсерінен көмір материалының ағымының сипатын көрсетеді. Құрылымдардың белгілі бір түрлеріне көмірдің белгілі бір түрлері сәйкес келеді (1.1-сурет).



а – бұзылмаған (қабатты және әлсіз жарықшақты);
б – жентас түріндегі; *в* – линза тәрізді; *г* – топырақ аралас-
түйіршікті; *д* – топырақ аралас

1.1 – сурет. Көмірдің тектоникалық құрылымдары

I типті көмір бұзылмаған және айқын қабаттылықпен сипатталады. Көмірдің жылтырлығы мен механикалық беріктігі механикалық процестерден туындамайды және негізінен материалдық құрамға, қалыптасу жағдайларына, метаморфизм дәрежесіне байланысты. Көмірдің бұл түріне қалыпты қиылған және қиғаш қиылған жарықшақтылық және езілген және үгітілген будалардың болмауы тән. Жұқа үгітілген көмірдің едәуір мөлшері кейде генетикалық мәні бойынша тектоникалық болып табылатын қиғаш қиюшы жарықтарда ғана кездеседі. Сілемде орналасқан бұл типтегі көмір төгілмейді, монолитті және

механикалық әсерге төзімді. Бұзылған жағдайда көмір қабаттар мен жарықшақтар жазықтықтарымен шектелген бөліктерге бөлініп, бөлек-бөлек әртүрлі пішіндер (текше, призмалық, пирамида және т. б.) түзеді.

Көмірдің басқа түрлері (II, III, IV және V) тектоникалық бұзылыстарға жатады. Олар тектоникалық дайындықпен жабылған бастапқы жылтырлықтың өзгеруімен, аз айқын қат-қабаттылықпен және жарықшақтылықпен сипатталады. Көмірдің бұзылған түрлерінің ерекшеліктері – беріктіктің төмендеуі және олардың төгілу қабілеті.

Көмір қабатының шөгінділері тығыздалғаннан, цементтелгеннен және диагенезден кейін тау жыныстарының метаморфизмі жүреді. Бұл процесс жоғары температура мен литостатикалық қысымның әсерінен тау жыныстарының айтарлықтай терең өзгеруін білдіреді. Тау жыныстары және көмір олардың осы жағдайларда тұрақты күйге ие болу бағытында өзгереді. Көмір массасын молекулааралық қайта құру көмірдің химиялық құрамының және оның физика-химиялық және физикалық қасиеттерінің өзгеруінің негізі болып табылады. Метаморфизм кезінде пайда болатын поликонденсация процестері (көміртегі байланыстары санының өсуіне байланысты көмір молекулаларының өсуі) және полимеризация көмір макромолекулаларының пайда болуымен бірге жүреді, олардың негізі графит түріндегі тор түрінде ортасында орналасқан көміртегі атомдары болып табылады, ал шеткі жағында «шашақ» орналасқан. Графит торындағы интератомиялық байланыстардың беріктігі шашақтарға қарағанда едәуір жоғары. Сондықтан метаморфизм кезінде температураның жоғарылауы перифериялық гетероатомды топтардың макромолекулалар ядросынан бөлінуіне әкеледі. Метан, көмірқышқыл газы және су ішінара көмір қабатында қалады, бірақ олардың көп бөлігі жер бетіне көшеді. Осы процестердің нәтижесінде көмірдің элементар құрамы өзгереді: көміртегі мөлшері артып, сутегі мен оттегінің мөлшері азаяды. Дәл осы ерекшеліктер көмірдің метаморфизм деңгейінің жоғарылауымен ұшпа заттардың шығуы төмендейтіндігін анықтайды.

Көмірдің жалпақ макромолекулалары кейбір интератомиялық реттілігі бар кристаллиттерге қосылады. Кристаллиттердің мөлшері көмірдің метаморфизация дәрежесіне байланысты.

Бивров И. В. және Кричевский Р. М. [21] зерттеулері бойынша қапталдық жыныстардың кернелген күйін кенеттен босатудың негізгі себебі болып саналады. Лақтырылыс қаупі бар қабаттардың негізгі жыныстары тектоникалық процестерге байланысты кернеудің біркелкі бөлінбеуімен сипатталады.

1.3 Қарағанды көмір бассейнінде көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстарының көріну ерекшеліктері

Орталық Қазақстанда орналасқан Қарағанды көмір бассейнінің ені 30 км 120 км ендік бағытта созылып жатыр. Көмірлі шөгінділер шамамен 2000 км² аумақты, яғни бассейнінің барлық ауданының 55% - дан астамын алып жатыр.

Бассейн үш өнеркәсіптік ауданға бөлінеді: Қарағанды ауданы (Өнеркәсіптік және Саран учаскелері) оның орталығында, Тентек және Шерубай-Нұра – оның батыс бөлігінде [22].

Бассейн шахталарында қазіргі уақытта лақтырылыс қаупі бар 15, ерекше лақтырылыс қаупі бар 2, 46 қатерлі шахта қабаттары әзірленуде. Жыл сайын Қарағанды бассейнінде лақтырылыс қаупі бар шахта қабаттары бойынша 43 000 қ. м. дейін, оның ішінде 4 000 қ.м. ерекше лақтырылыс қаупі бар қабаттар бойынша және 12000 қ.м лақтырылыс қаупі бар шахта қабаттары бойынша, бұл ретте лақтырылысқа қарсы шараларды қолдана отырып – лақтырылыс қаупі бар қабаттар бойынша барлық үңгілеудің 30% аса және 90%-дан 100 %-ға дейін қазбалар қазбалардың лақтырылыс қаупі болжамымен жүргізіледі.

Газдинамикалық белсенділікке бейім шахта қабаттары күрделі құрылымымен және олардың тұрақтылығын төмендететін күрт өзгертін тектоникалық бұзылыстары бар аз берік будалардың болуымен сипатталады.

Қарағанды бассейнінің шахталарында көмір мен газдың кенеттен лақтырылуы 1959 жылдан бері орын алуда [23]. Барлығы 60 жыл ішінде (2019 жылға дейін) бассейнде 59 кенеттен лақтырылыстар тіркелді, оның ішінде 19 - өнеркәсіптік учаскеде, 18 - Саран учаскесінде, 3 - Шерубай - Нұра ауданында және 19 - Тентек ауданында. Сонымен қатар, 1976 жылдан 2010 жылға дейінгі кезеңде лақтырылыстар тек Тентек ауданының шахталарында болды. (Б-қосымшасы).

Көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстары негізінен (K₁₂, K₁₀, K₇, D₆) қуатты көмір қабаттарында дайындық қазбаларын жүргізу кезінде орын алды. Қабаттарды ашу кезінде қуатты (K₁₂, K₁₀, D₆) және қуаты аз қабаттарда (K₁₈, K₁₈, D₁-D₂) 12 кенеттен лақтырылыстар тіркелді.

1959-1963 жылдары «Верхняя Марианна» K₁₂ қабаты бойынша тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде өнеркәсіптік учаскеде «3-бис» және Киров атындағы №3 шахталарында болған жеті кенеттен лақтырылыстардың ерекшелігі олардың барлығы бірдей тектоникалық дизъюнктивті бұзылыс аймағында - 4,7-7,8 м амплитудасымен №8 ығысу пайда болды.

1970 жылы 26 желтоқсанда «Стахановская» шахтасында 427 м тереңдікте K₁₂ қабатын квершлагпен ашу кезінде болған өнеркәсіптік учаскедегі ең күшті лақтырылыстардың негізгі себебі геологиялық бұзылыстың болуы болды.

Саран учаскесінің шахталарында 2010 жылға дейін лақтырылыстар жер бетінен салыстырмалы түрде таяз тереңдікте (200-ден 388 м-ге дейін) болды.

1965 ж. 8 қазанда Саран учаскесінің «Дубовская» шахтасында K₇ қабаты бойынша тау - кен жұмыстарын жүргізу кезінде амплитудасы 5 м «ығысу» типті

геологиялық бұзылысқа жақын бассейн үшін ең аз тереңдікте-200 м қазбаны үңгілеуде кезінде болған кенет лақтырылыс тіркелді.

2010 және 2011 жылдары Саран учаскесінің Күзембаев атындағы шахтасында K_{7-8} және K_{10} қабаттарында тиісінше 478 м және 607 м тереңдікте 2 кенет көмір мен газ лақтырылысы өтті. Екі лақтырылыс - геологиялық бұзылыс аймақтарында.

Саран учаскесінің шахталарында көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстары K_{12} (10), K_{10} (4) және K_7 (4) қабаттарында орын алды.

Шерубай-Нұра ауданында «Шахтинская» және «Топарская» шахталарында D_6 , K_{18} және K қабаттарын ашу кезінде тіркелген барлық үш кенеттен лақтырылыстар болды.

Тентек өнеркәсіптік ауданында 19 кенеттен лақтырылыс тіркелді, оның ішінде 12-сі D_6 аса қауіпті лақтырылыс қабатында болды. «Кассинский» D_6 қабатының қуаты 5 - тен 7 метрге дейін, қабаттың құлау бұрышы 7-ден 24^0 -қа дейін ауытқиды. D_6 қабатының жоғарғы қабатының көмір беріктігінің коэффициенті 0,35-тен 0,82-ге дейін ауытқиды. D_6 қабатының төменгі қабатының көмір беріктігінің минималды коэффициенті 0,18, орташа есеппен 0,35 құрайды.

Тасталған көмірдің және қосымша лақтырылған метанның мәні бойынша бассейндегі ең қуаттысы 23.03.1998 жылы 580 м тереңдікте В. И. Ленин атындағы шахтаның 100- D_6 қабатының № 2 бұзылған квершлагында болған кенеттен лақтырылыс болып табылады. Бүкіл ұзындығы бойында (106 м) бұзылған квершлагқа және онымен түйісетін 100 м таудағы D_6 қабатының 2-Шығыс далалық тасымалды штрекке 130 м ішінде шығыс ауа ағынымен 3250 тонна, оның ішінде 2000 тонна көмір және 1250 тонна тау жыныстары шығарылған тау массасы құйылды. Қосымша бөлінген метанның жалпы саны 1,3 млн. m^3 құрады. Лақтырылыс кезінде үш дайындық қазбаларында және бір тазарту кенжарында желдету ағысының құлауы орын алды. Жеткізуші қазбадағы газ күйін қалыпқа келтіру үш күннен астам уақытқа созылды.

Қосымша бөлінген метанның лақтырылған көмір мөлшеріне қатынасы 650 m^3/t құрады, бұл берілген тереңдіктегі қабаттың табиғи газдылығынан 29,4 есе артық [24, с. 97-98, 25,26].

Шығарылған көмірдің әр тоннасынан 837,6 m^3 газ мәніне дейін көмірді бұзу процесінде метанның қосымша мөлшерінің пайда болуы ғылыми негізделген авторлар [27,28] көмірдің хош иісті және алифатты топтарындағы көміртегі мөлшерінің шығарындыға дейін және одан кейінгі арақатынасының өзгеруін зерттеу нәтижелерімен растайды.

Көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстары, ең алдымен, ашу және дайындық қазбаларын жүргізу кезінде орын алды, екіншіден, бұл геологиялық бұзылыстар аймағында осы жұмыс үшін өте маңызды. Қабаттарды ашу кезінде көмір мен газдың 12 лақтырындысы болды, оның үстіне қуатты (K_{12} , K_{10} , D_6) және қуаты аз қабаттарда (K_{18} , K_{18} , D_1 - D_2) бірдей.

Тазарту қазбаларында көмір мен газдың кенеттен лақтырылуы байқалмады. Лақтырылыстар тіркелген ең төменгі тереңдік өнеркәсіптік

учаскелерде бетінен 350 м, Саран учаскесінде – 200 м, Шерубай-Нұра ауданында – 300 м, Тентек ауданында – 320 м құрайды.

Көмір мен газ лақтырылыстарының 59 жағдайының 29 лақтырылыс негізгі түрдегі жарылыстың бұзылысына, 19 - ұсақ тектоникалық бұзылыстар аймағына, 11 лақтырылыс қабат қуатының өзгеру аймағында (қабаттың жіңішкеленуі немесе күмпиюі) және қарқынды үгітілген қабат болған кезде орын алды.

Бассейндегі кенеттен лақтырылыстардың қысқаша шолуы Қарағанды бассейнінің екі шахтасындағы жеті кенеттен лақтырылыстың (1959-1963 жж.) бір ерекшелігі болды – олардың барлығы бірдей геологиялық бұзылыстар аймағында - 4,7-7,8 м амплитудамен №8 ығысу болды. Осылайша, бассейндегі көмір мен газдың кенеттен лақтырылысы 1959 жылы 12 қыркүйекте өнеркәсіптік учаскенің 3-бис шахтасында К₁₂ «Верхняя Марианна» қабаты бойынша жер бетінен 380 м тереңдікте «№8 ығысу» жарғыш тектоникалық бұзылыс аймағында тасып шығаратын қуақаз жүргізу кезінде орын алды. Теспе зарядтарын жару кезінде шамамен 100 тонна көмір лақтырылды. Теспелерді жару алдында қандай да бір ескерту белгілері тіркелмеген.

16 қыркүйекте дәл осы қазбада теспе зарядтарының жарылуы кезінде көмір мен газдың екінші лақтырылуы орын алды. Шамамен 120 тонна көмір лақтырылды және болжаммен 9000 м³ метан шығарылды. Шығарылғаннан соң екі сағаттан кейін теспеден шығатын ағындағы метанның мөлшері 6% болды. Лақтырылу қуысы қабаттың құлау жағына қарай тектоникалық бұзылысқа қарай ауытқиды.

1959 ж. 4 қазанда осы кенжарда екінші лақтырылыс орнынан 7 м қашықтықта теспе зарядтардың жарылу сәтінде көмір мен газдың үшінші лақтырылуы орын алды. Шамамен 150 тонна ұсақ көмір лақтырылды. Лақтырылыс қуысы алғашқы екі жағдайдағыдай, үстіңгі қабаттардан 5,7 м жоғары қарай созылып, сұйыққойманың құлау жағына қарай ауытқып кетті. Лақтырылғаннан кейін бір жарым сағат ішінде метанның мөлшері 6% - дан асты. Барлығы 5000 м³ газ бөлінді.

1960 және 1963 жылдары Киров атындағы көрші № 3 шахтада дайындық қазбаларын жүргізу кезінде, сондай-ақ жер бетінен 427 және 448 м тереңдікте К₁₂ қабаты бойынша көмір мен газдың төрт кенеттен лақтырылуы болды. Лақтырылған көмірдің мөлшері 50-ден 200 тоннаға дейін болды. Бұл лақтырылыстардың барлығы, 3-бис шахтасындағы сияқты, №8 соққының геологиялық бұзылыс аймағында болғандығы тән.

Өнеркәсіптік учаскедегі ең күшті лақтырылыстар 1970 жылы 26 желтоқсанда «Стахановская» шахтасында 427 м тереңдікте квершлагпен К₁₂ сұйыққоймасын ашу кезінде болды. Қуаты 6,5 м К₁₂ қабаты оның желдету квершлагымен қиылысуымен бірге 60° бұрышпен төселді. Қабаттың ашылуы шатыр жағынан жүзеге асырылды. Көмір мен газ лақтырылған кезде квершлаг қабатты толығымен кесіп өтті, ал квершлагтың кенжары төменгі әлсіз көмір қорабында болды. Лақтырылыс кенжарда қандай да бір жұмыстар болмаған кезде орын алды. Лақтырылыс алдында көмірдің қарқынды төгілуі болды,

нәтижесінде көмір мен газдың кенеттен лақтырылуына ұласты. Кенжардан көмірдің ең көп шегінуі 10 м құрады. Барлығы 260 тонна ұсақ, құрғақ күйелі көмір тиелді. Қосымша бөлінген газ көлемі 9100 м³ құрады. Жоғарыда келтірілген газ-динамикалық құбылыстың жағдайлары (әлсіз көмір, ұсақ фракция, қарқынды толтыру) кенеттен лақтырылыстың негізгі себебі геологиялық бұзылыстың болуы болды деп болжауға мүмкіндік берді.

Саран учаскесінің шахталарында 2010 жылға дейін лақтырылыстар жер бетінен салыстырмалы түрде таяз тереңдікте (200-ден 388 м-ге дейін) болды. Бұл лақтырылыстардың күші 5 тоннадан 90 тоннаға дейін тіркелді және бір лақтырылыс орта есеппен 41,7 тоннаны құрады. Барлық лақтырылыстар К₁₂ (10 лақтырылыс), К₁₀ (5 лақтырылыс) және К₇ (3 лақтырылыс) қуатты қабаттарында болды. Оның ішінде 8-і-шойбалғалардың көмегімен қазбаларды жүргізу кезінде. Барлық жағдайларда лақтырылыстар геологиялық бұзылыстар маңында байқалды.

2010 және 2011 ж. Саран учаскесінің Күзембаев атындағы шахтада К₇₋₈ және К₁₀ қабаттарында тиісінше 478 м және 607 м тереңдікте көмір мен газ кенеттен 2 рет лақтырылды. Екі лақтырылыс та – геологиялық бұзылыстар аймақтарында. 2010 жылы лақтырылыс күші 481 т көмір мен 15 386 м³ метанды, 2011 жылы – 345 т көмірді және 20 092 м³ метанды құрады.

Саран учаскесінің «Дубовская» шахтасында бассейн үшін ең аз тереңдікте - бетінен 200 м болатын кенеттен лақтырылыстар тіркелді. Лақтырылыс 1965 жылы 8 қазанда «Замечательный» К₇ қабатының 3-ші шығыс рельесті аралық қуақазында орын алды. Қабат кенеттен лақтырылыстар бойынша қауіпті немесе қауіп төндіретін санатқа жатқызылмаған, өндіру шараларсыз жүргізілген. Лақтырылыс орнындағы қабаттың қуаты 5,1 м, құлау бұрышы 13°. Лақтырылыстан бұрын газ-динамикалық құбылыс -27 тонна мөлшерінде ұсақ көмірдің төгілуі және кенжардағы метан концентрациясының 6%-дан артуы пайда болды. Бұл құбылыс 5 м амплитудасы бар лақтырылыс түрінің (дәлірек айтқанда, жылжу) геологиялық бұзылысына жақын жерде қазба жүргізу кезінде пайда болды. Бұзылыстың жанында К₇ қабатында әлсіз борпылдақ көмір пайда болды. Лақтырылыс ПК-3М комбайнымен көмірді ұсақтау кезінде болды. Комбайн толығымен лақтырылған ұсақ күйелі көмірмен толтырылды. Барлығы 80 тонна көмір тиелді. Кенеттен лақтырылыстан кейін өндірудегі метанның максималды мөлшері 27,5%-ға жетті. Қосымша бөлінген метанның көлемі 2800 м³ құрады.

Тентек көмір ауданында барлық 19 кенеттен лақтырылыстардың 12-сі лақтырылысқа аса қауіпті «Кассинский» Д₆ қабатында болды.

Д₆ қабатының қорғаныш қабаты жоқ. Қабаттың қуаты 5 - тен 7 метрге дейін, қабаттың құлау бұрышы 7-ден 240 метрге дейін ауытқиды. Д₆ қабатының жоғарғы қабатының көмір беріктігінің коэффициенті 0,35-тен 0,82-ге дейін және орташа есеппен 0,55 құрайды. Д₆ қабатының төменгі қабатының көмір беріктігінің орташа коэффициенті-0,35, ал ең азы-0,18 құрайды.

Геологиялық барлау жұмыстарының деректері бойынша лақтырылыстар қаупін болжаудың өңірлік әдісінің нәтижелері бойынша В. И. Ленин атындағы

шахтаның алаңындағы «Кассинский» Д₆ қабаты 1972 жылы жер бетінен 230 м тереңдіктен лақтырылыстар бойынша қауіпті деп танылды. Одан әрі 320-330 м тереңдікте қазбаларды жүргізу кезінде газды көп бөлетін көмірді сығу және ығыстыру сияқты төрт газдинамикалық құбылыс болды.

1973 жылы В. И. Ленин атындағы шахта алаңының шегіндегі Д₆ қабаты жер бетінен 270 м тереңдіктен көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстары бойынша қауіпті санатқа жатқызылған.

Тентек ауданында көмір мен газдың лақтырылуы 1976 жылы 26 желтоқсанда В. И. Ленин атындағы шахтадағы орталық блоктың Д₆ қабатындағы адамдар жүргішінде бетінен 410 м тереңдікте орын алды. 8,3 м² көлденең қимасы бар адамдар жүргіші Д₆ қабатының төменгі қабаты бойымен шойбалғалардың көмегімен жүргізілді. Өндіру кезіндегі өндірістің жалпы ұзындығы 1100 м, ал тұйық бөліктің ұзындығы 122 м болды. Көмір мен газдың кенеттен лақтырылуын болдырмау үшін диаметрі 250 мм, ұзындығы 20 м болатын тоғыз озық ұңғыманы бұрғылау жүргізілді. Лақтырылыстан бұрын кенжарда көмірдің жарылуы, бекітпе сатыры, кенжардың жоғарғы жағынан көмір кесектерінің кері серпуі, қазбаға газ бөлінуінің күрт артуы түріндегі ескерту белгілері болған (СМП-1 аспабы дыбыс сигналын берген). Үңгілеушілер кенжардан 50-60 м алыстаған кезде көмір мен газдың кенеттен лақтырылысы орын алды.

Кенеттен лақтырылыстың нәтижесінде 50 м адам жаяулар жүргішті ұсақ көмірмен жауып тастады, оның 40 м толық қимада. 550 тонна көмір лақтырылды, лақтырылған газдың мөлшері шамамен 36000 м³ болды, адамдар жүргіште жаңа ағынның өзгеруі өтті. Лақтырылғаннан кейін 1,5 сағаттан кейін адамдар жүргішінің тұйық бөлігіндегі метанның концентрациясы 62,5%, ал шығыс ағысында - 9% құрады. Лақтырылу себебі жүріс кенжарының зерттелмеген геологиялық бұзылыс аймағына кіруі -амплитудасы 6 м-ге дейін ығысуы болып табылады. Лақтырылыс қабаттың жылжыған бөлігінің ең төменгі бұзылған қабатынан шыққан. Озық ұңғымалармен өңделген қабат аймағында көмір лақтырылмаған және байланысты (монолитті) жай-күйін жоғалтқан жоқ.

Тентек ауданының шахталарында лақтырылған көмір мен шығарылған газ мөлшері бойынша бассейн тарихындағы ең қарқынды 4 кенеттен лақтырылыстар болды. Оның біріншісі «Казахстанская» шахтасында және келесі екеуі – В.И. Ленин атындағы шахтада, соңғысы – «Тентек» шахтасында болды.

«Казахстанская» шахтасында 1989 жылы 25 қарашада 478 м тереңдікте 212 Д₆-1-3 конвейерлік қуақаз кенжарында жарылыс болды. Тереңдігі 400 м болатын Д₆ қабаты лақтырылыс бойынша қауіпті қабатқа жатқызылды. Қазбаның жоғарғы қабаты бойынша ГПКС комбайнымен геологиялық бұзылыс аймағында лақтырылысқа қауіптіліктің ағымдағы болжамымен және лақтырылысқа қарсы шараларды орындаумен жүргізілді. Лақтырылыс кезінде қазбаның тұйық бөлігінің ұзындығы 112 м құрады. Тастаудың амплитудасы 2,5 м қиылысқаннан кейін тастаудан 25 м ұзақтықта 5,5 м-ден 2,0 м-ге дейін Д₆

қабат қуатының біртіндеп азаюы байқалды. Көмір мен газдың лақтырылысы негізінен төменгі бұрғыланған көмір қорабының қуатын күрт арттыру нәтижесінде пайда болған қабаттың күрт үрленуін анықтағаннан кейін пайда болды. Лақтырылыс орнындағы D_6 жалпы қуаты 9,0 м құрады. 1200 тонна көмір тасталып, қосымша 250000 м³ метан бөлінді. Қазба 104 м бойына көмірмен көмілген. Таза ауа ағыны аударылды және метан концентрациясы 2,5 % асатын жеті дайындық және үш тазарту кенжарлары газдалды. Біздің есептеулеріміз бойынша негізгі лақтырылыс фазасының ұзақтығы (ыдыраған көмірді кеңейтілетін газ ағынында шығару) 106 секундты құрады, ал газ лақтырылыс қарқындылығы 21,0 м³/с құрады. Осы уақыт ішінде 2200 м³ метан бөлінді. Бұл көмір мен газдың лақтырылысының негізгі себептері қуақаз кенжарының сұйыққоймасының батып кету аймағынан оның үрлеу аймағына шығуы болды.

Қарағанды бассейніндегі басқа көмір бассейндеріне қарағанда көмір мен газдың лақтырылыстарының барлығы дерлік геологиялық бұзылыс аймақтарында: қазбалар ірі тектоникалық бұзылыстарға жақындағанда, осы бұзылыстармен қатар жүретін ұсақ бұзылыс аймақтарында, қабат қуатының азаю немесе ұлғаю аймақтарында, сондай-ақ гипсометрия қабаттарының күрт пликративті өзгерістер учаскелерінде орын алғандығы өзіне назар аудартады. Жоғарыда айтылғандай, көмір мен газ лақтырылыстарының 59 жағдайы 29 лақтырылыс жарылыс аймағында, 19 - ұсақ тектоникалық бұзылыстар аймағында және 11 – жер асты және батып кету немесе су басу аймағында болды.

Көмір өнеркәсібі аудандарының (учаскелерінің) тектоникалық құрылымының күрделілігіне байланысты көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстарының көріну тереңдігі өзгереді. Саран учаскесінің неғұрлым бұзылған көмір қабаттары - жер бетінен 200 м, көмір қабаттарының неғұрлым тыныш жатуымен сипатталатын өнеркәсіптік учаскеде лақтырылыстардың ең аз тереңдігі жер бетінен 350 м құрайды.

Тәжірибе көрсеткендей, кенеттен лақтырылыстарға бейім қабаттар көмірдің тектоникалық бұзылысының жоғарылауымен сипатталады. Бұл туралы тікелей немесе жанама деректер Е.С.Иейте, В.А.Шатилов, В.В.Эза, А.А.Скочинский, В.В.Ходота, И.И. Амосов, Л.Н.Быков, Г.Д.Лидин, Я.Э.Некрасовская, И.М.Ярова, И.Л. Эттингер, Л.Е.Штеренберг, В.С.Яблоков және тағы басқаларында [29-34] бар.

Көмірдің бұзылыс факторы қабаттардың беріктігіне әсер ете алмайтыны анық. Сонымен, Донбасстың Орталық ауданы үшін көмірдің кенеттен лақтырылыстардан қауіпті қабаттардың жарылуына уақытша кедергісі 0,01-0,09 МПа, қауіпті – 0,1-0,14 МПа және қауіпті емес – 0,1-0,4 МПа [47]. Сонымен қатар, Г. Н. Фейт [34] көмірдің беріктігін тікелей сілемде зерттей отырып, лақтырылыстар бойынша қауіпті қабаттардың беріктігі (Н) 40-80 бірлік, қауіпті емес қабаттардың беріктігі (Н) 68-83 бірлік деген қорытындыға келді. $H < 67$ болғанда барлық қабаттарда лақтырылыс болады. Көріп отырғанымыздай, 68-ден 80 бірлікке дейінгі аралық бойынша бұл көрсеткіш көмір қабаттарын лақтырылыс бойынша қауіпті және қауіпті емес қабаттарға нақты бөлуге

мүмкіндік бермейді. Қорытынды Кузнецк бассейні мен Егоршинский кен орнының шахталарында көмір беріктігін майдалау әдісімен зерттеу нәтижелерімен расталады [46]. Сонымен қатар көмірдің беріктігі мен қабаттардың лақтырылу қауіптілігі арасындағы корреляциялық байланысты Ходот В.В., Эттингер И.Л., Карагодин Л.Н. және басқалары көрсетеді.

Скочинский А.А., Эттингер И.Л., Фертельмейстер Я.Н. және т.б. сияқты зерттеушілердің пікірінше, оның тектоникалық бұзылысымен анықталатын көмірдің газ берілуінің бастапқы жылдамдығының жоғарылауы кенеттен лақтырылыстардан қауіпті қабаттарға тән белгілердің біріне жатады.

Кенет лақтырылыстарға қаттың геологиялық дайындығына көмір қабаттарының пайда болуының бастапқы шарттары да, көмір қабаттарының немесе жеке көмір қораптарының бұзылысына әкелетін кейінгі тектоникалық процестер де әсер етеді. Мұндай бұзылған қораптардың немесе қабаттардың көмірінде кеуектілік немесе жарықтылықтың ерекше сипаты пайда болды, бұл еркін газ қысымының төмендеуімен көмірден өте тез газ шығарады. Метанның көмірден тез шығарылуы, сөзсіз, кенеттен лақтырылыстардың дамуындағы маңызды сәттердің бірі болып табылады [33].

Кенеттен лақтырылыстардың табиғатын анықтау үшін көмірдің қасиеттерін зерттеу кезінде Ходот В.В. [10] «бұзылған құрылымның көмірі кенеттен лақтырылыстар үшін қауіпті, өйткені ол тау жыныстарының қысымымен оңай ыдырайды, сонымен бірге ол көп мөлшерде ұсақталып, газды жоғары жылдамдықпен береді» деген тұжырымға келді.

Көмір бұзылған кезде газдың десорбция жылдамдығы экзогендік жарықтылыққа және фрагменттік кеуектілікке байланысты [49]. Метанның жоғары сорбция және десорбция жылдамдығы лақтырылғыш қабаттардың қатты тектоникалық бұзылған бұрыштарымен (бумаларымен) ерекшеленеді. Көмірді бұзу кезіндегі десорбция кинетикасы негізінен көмірдің кеуектілігін 10^{-4} - 10^{-2} см мөлшердегі қуыстарға байланысты анықтайды. Тектоника көмірді препараттады, бөлшектердің өзара бастапқы байланысын әлсіретті, көмірдің микропористалық құрылымын бұзды және осылайша сорбциялық көлемге қол жеткізді. Бұл сұйыққойманы кернеуден босатқан кезде көмірдің газды тез беру қабілетін арттырды [50]. Қойнауқаттың тектоникалық бұзылған, үгітілген көмірде ашылуы кезінде сіңірілген метанның жылдам шығу мүмкіндігі бар [51], яғни лақтырылу қаупі бар аймақтардың бұзылған көмірі тез газ шығаруға қабілетті. Газ берудің бастапқы жылдамдығының көрсеткіші (ΔP) көмір құрылымының бұзылыс дәрежесінің сипаттамасы болып табылады.

Қарағанды бассейнінің шахталарында көмір мен газдың кенеттен лақтырылу орындарында көмірдің газ берілуінің бастапқы жылдамдығының орташа шамасы 12-ден 26 ш.б. дейін өзгереді және көп жағдайда 18 ш.б. астамды құрайды. Қауіпті емес қабаттардың және лақтырылыс қаупі бар қабаттардың бұзылмаған аймақтарында газ берудің бастапқы жылдамдығы 4-12 ш.б. аралығында ауытқиды.

Газ берудің жоғары бастапқы жылдамдығы тектоникалық бұзылған көмір бумаларынан алынатын көмірмен ерекшеленеді, кейбір жағдайларда 30-36 ш.б.

жетеді. Сонымен, егер Ленин атындағы шахтасындағы ерекше шығарындыға қауіпті D₆ қабатының жоғарғы қабатындағы көмірдің газ берілуінің бастапқы жылдамдығы 7,7-ден 20 ш.б. дейін өзгереді, онда көмірдің тектоникалық бұзылған қорабы бар төменгі қабаттың көмірінде ΔP шамасы 10-нан 26 ш.б. дейін ауытқиды. D₆ қабатының төменгі бөлігінде орналасқан тектоникалық бұзылған қорап көмірінің бастапқы жылдамдығы 14-тен 28 ш.б. дейін өзгереді. [25, с 78-79].

Қабаттардың кенеттен лақтырылуы бойынша қауіпті және қауіпті емес көмірлердің газ өткізгіштігі шамаларына қатысты бір-біріне қарама-қайшы пікірлер бар. Сонымен, В. В. Ходот зертханалық жағдайда газ өткізгіштігін зерттеу кезінде [10] «... кенеттен лақтырылыстар үшін қауіпті және қауіпті емес тау-кен қысымынан босатылған қабаттардың газ өткізгіштігі шамамен бірдей шектерде өзгереді. Біріншіден, газ өткізгіштігі жоғары көмір жиі кездеседі, сондықтан қауіпті емес қабаттарға қарағанда шығарындылар үшін газ өткізгіштіктің орташа мәні 1,5 есе көп». Премыслер Ю.С. қауіпті қабаттардың сүзгіш көлемінің шамасы орташа алғанда қауіпті емес қабаттардың сүзгіш көлемінің шамасынан 25% асып түседі [20]; аншлифтер бойынша жанама әдіспен анықталған газ өткізгіштігі жарықшақтардың азаюына сәйкес көмір құрылымы бұзылған кезде азаяды; V типтегі көмірдің орташа газ өткізгіштігі (кенеттен лақтырылыстар бойынша ең қауіпті) 50 есеге жуық I типтегі көмірге қарағанда аз деп атап өтеді.

И.В. Бобровтың [21] мәліметтері бойынша, тау-кен жұмыстары жүргізілмеген сілемде көмірдің газ өткізгіштігін зерттеген ең үлкен газ өткізгіш сұйыққойманы дайындаудың жоғары түрлері бар учаскелерге сәйкес келеді; қауіпті қабат қауіпті емес деңгейден біршама төмен газ өткізгіштігімен ерекшеленеді.

Көптеген зерттеушілер кенеттен лақтырылыстарды геологиялық тектоникалық бұзылыстармен байланыстырады [29, 52], кейбіреулер бұл байланысты әлсіз деп санайды және лақтырылыстарды дизъюнктивті типтегі тектоникалық бұзылыстармен байланыстырады. Кенет лақтырылыстардың геологиялық бұзылыс аймақтарымен тікелей байланысы туралы Қарағанды көмір бассейніндегі барлық көмір мен газ лақтырылыстарының геологиялық бұзылыстар аймақтарында болғаны айғақтайды. Оның ішінде 29 лақтырылыстар қазбалардың негізгі түрдегі жарылыстың бұзылысына жақындағанда, 19 лақтырылыстар ұсақ тектоникалық бұзылыстар аймағында және 11 – қабат қуатының өзгеру аймағында және қарқынды үгітілген көмір пакеті немесе бітелген жыныстардың біркелкі емес әлсіреген учаскелері болған кезде пайда болды. Осыған байланысты тектоникалық бұзылыстарды болжау әдістерін дамыту және жетілдіру және олардың негізінде геологиялық бұзылыстар аймақтарында лақтырылысқа қарсы тиімді шараларды әзірлеу өзекті мәселе болып табылады.

Кенеттен лақтырылыстардың маңызды ерекшелігі тау - кен жұмыстарын жүргізу кезінде олар жер бетінен белгілі бір қашықтықта жүретіндігі; жеке бассейндер, кен орындары, шахталар және тіпті шахталар үшін бұл жер бетіне

дейінгі қашықтық әртүрлі болатындығы. Кенеттен лақтырылыстардың пайда болуының минималды тереңдігі маңызды болжамдық мәнге ие.

Зерттеушілер көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстарының таралуының аймақтық сипатын бірнеше рет атап өтті [44, 53]. Аймақтық заңдылық метаморфизмнің өзгеруімен тау сілемінің сипаттамалары мен қасиеттерінің өзгеруіне негізделген [46, 31, 32].

Карпов А.М., Донбасстың орталық ауданындағы шахталарда кенеттен лақтырылыстардың таралуын талдай отырып, кенеттен лақтырылыстар резервуардағы белгілі бір аймақтарға сәйкес келеді және осы аймақтардан тыс жерлерде лақтырылыстар болмайды деген қорытындыға келді.

Быков Л.Н. көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстары геологиялық бұзылыс аймақтарына немесе осы бұзылыстарға тікелей жақын орналасқан аймақтарға орайластырылғанын атап өтті. Ірі бұзылыс орындарынан алыстаған сайын лақтырылыстар тоқтатылады немесе айтарлықтай әлсірейді. И.М. Печукке сәйкес, кенеттен лақтырылыстарға ұшыраған учаскелердің белдемділігі бірнеше жағдайларды қоспағанда, Донбасстың барлық тәжірибесімен расталады.

Сондай-ақ, геологтар аталған мәселе бойынша өз пікірлерін білдіруде (Иейте Е.С., Кравцов А.И., Эз В.В., Шатилов В.А. және басқалары). Көмір қабаттарының геологиялық құрылымын зерттеу барысында, Эз В.В. ол «кенеттен лақтырылыстар көбінесе топтарға бөлінеді; бірнеше жүз метр, тіпті шақырым қашықтықта қауіпті қабат лақтырылыстар шығармайды, содан кейін белгілі бір жерде бірнеше лақтырылыстар шығарады» және «кенеттен лақтырылыстар аймақтарының бағыты өте әр түрлі, сондықтан оны қандай да бір геологиялық құрылым элементтері түрінде бағыттармен байланыстыру мүмкін емес» - деген қорытындыға келді [31].

Қарағанды бассейнінің шахталарында тау-кен өндірісінің интенсификациясы, тау-кен жұмыстарын жүргізу тереңдігінің тұрақты ұлғаюы тау-кен геологиялық жағдайларының өзгеруімен, ірі тектоникалық бұзылыстардың жанында жұмыс жүргізу қажеттілігімен қатар жүреді. Осыған байланысты, көмір мен газдың соңғы кенеттен лақтырылыстары және жүргізілген теориялық зерттеулер көрсеткендей, газ динамикасының көріну формалары және кенеттен лақтырылыстардың параметрлері айтарлықтай өзгерді.

Қойылған мақсаттарға нысаналы зерттеулер жүргізу арқылы қол жеткізуге болады, олардың нәтижелері бойынша көмір қабатының тектоникалық бұзылған аймақтарында тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде лақтырылысқа қарсы шаралардың параметрлері түзетілуі тиіс, геологиялық бұзылыстар аймақтарында жүргізілетін қазба айналасындағы тау-кен сілемінің кернеулі-деформацияланған жай-күйін математикалық моделдеуді жүргізу үшін қолданбалы бағдарламалар кешені әзірленеді.

Бұзылған қабаттардың көмірінің физикалық-механикалық қасиеттері оларда бос газ коллекторларының пайда болуына әкелуі мүмкін, бұл өз кезегінде белгілі бір геомеханикалық жағдайларда газ-динамикалық

құбылыстарды тудыруы мүмкін. Осылайша, 2 кенеттен лақтырылыстардың себебі Д₆ қабатының астында дала қазбаларын жүргізу кезінде пайда болған еркін газ коллекторлары болды [99].

Бассейннің өнеркәсіптік аудандарының (учаскелерінің) тектоникалық құрылымының күрделілігіне байланысты көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстарының пайда болу тереңдігі өзгереді. Саран учаскесінің неғұрлым бұзылған көмір қабаттары - жер бетінен 200 м, көмір қабаттарының неғұрлым тыныш жатқан өнеркәсіптік учаскесінде кенеттен лақтырылыстар көрінуінің ең төменгі тереңдігі жер бетінен 350 м құрады.

Қарағанды бассейнінде кенеттен лақтырылыстардың негізгі параметрлерінің күрт өзгеру заңдылығы көріну тереңдігі арта отырып анықталды [93]. Тереңдіктің ұлғаюымен 1 лақтырылысқа келетін тасталған көмір мен қосымша бөлініп шыққан газ санының айқын өсу үрдісі белгіленді (1.1-кесте).

1.1 – кесте. Көмір мен газ лақтырылыстарының тереңдіктегі күшінің өзгеруі

Тау-кен жұмыстарының тереңдігі, м	Лақтырылыс саны	Тасталған көмірдің / тау-кен массасының жалпы саны, т	Бір лақтырылысқа көмір/тау-кен массасының мөлшері (т)	Бір лақтырылысқа газдың мөлшері (мың м ³)
200-300	9	394	43,8	5,3
301-400	20	1286	64,3	4,9
401-500	23	6284	273,2	25,9
500 артық	7	5883/7133	840,4/1019	354,1

Кенеттен лақтырылыстар болған жерлерде көмір механикалық беріктіктің төмендеуімен сипатталады. Көмір қабаттарының беріктік коэффициенті 0,15-тен 0,78-ге дейін өзгереді және орташа есеппен 0,39 құрайды. Қауіпті емес қабаттарда көмірдің беріктік коэффициентінің орташа мәні екі есе жоғары. Шығарындылар орындарындағы көмірдің беріктік коэффициентінің орташа мәндері 0,22-ден 0,60-қа дейін өзгереді.

Кенеттен лақтырылатын жерлердегі көмір газ берудің бастапқы жылдамдығын арттырды, ол осы аймақтарда 12-ден 26 ш.б. дейін өзгереді. Жеке лақтырылыстары бар қабаттардың көмірін газ шығарудың бастапқы жылдамдығы 30 ш. б. дейін жетеді.

Тәжірибе көрсеткендей, болашақта геологиялық бұзылыстарды, тіпті пликативті (үздіксіз) өндірудің болуы ағымдағы болжам нәтижелерінің объективтілігіне әсер етуі мүмкін.

1.4 Зерттеудің мақсаттары мен міндеттердің қойылуы

Жоғарыда келтірілген талдау Қарағанды көмір бассейніндегі (ҚКБ) барлық кенеттен лақтырылыстар геологиялық бұзылу аймақтарында тау-кен қазбаларын жүргізу кезінде болғанын көрсетеді.

Бассейнде өткен көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстары және олардың нәтижелерін зерделеу негізінде белгіленген газодинамикасының заңдылықтары мен көріну ерекшеліктері болжау тұрғысынан неғұрлым күрделі және Қарағанды шахталары жағдайында аз зерттелген геологиялық бұзылыстар аймақтарында газға қаныққан көмір қабатындағы лақтырылысқа қауіпті жағдайды қалыптастыру механизмі және олардың оған әсері болып табылатынын көрсетеді.

Осыған орай жұмыстың мақсаты тау-кен сілемінің кернеулі-деформацияланған күйінің қалыптасу заңдылықтарын тектоникалық бұзылыстар мен сілем тұтастығының бұзылыс аймақтарын анықтау үшін жүргізілетін қазба арасында белгілеумен, осы негізде лақтырылыстарға қарсы іс-шараларды жетілдірумен және Қарағанды бассейнінің шахталарында қауіпсіздікті арттырумен қорытындыланады.

Бассейнде өткен газ-динамикалық құбылыстардың себептері мен жағдайлары диссертацияда қауіпті жағдайлардың пайда болу механизмін және тектоникалық бұзылған аймақтардағы көмір қабаттарының газ-динамикалық белсенділігін төмендетудің ғылыми негіздерін анықтау үшін одан әрі зерттеудің негізгі бағыттарын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

1-бөлім бойынша тұжырымдар

Көмір мен газдың кенеттен 59 лақтырылыстары туралы ақпаратты зерделеу, лақтырылыстарды сипаттайтын лақтырылыс қауіптілігі көрсеткіштері мен параметрлерін талдау негізінде Қарағанды бассейні жағдайында болған көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстарының бірқатар заңдылықтары мен ерекшеліктері анықталды.

1. Қалыптасу шарттарының арқасында Қарағанды көмір бассейні 3 негізгі көмірлі аудандарға бөлінген – Қарағанды (Өнеркәсіптік және Саран учаскелері), Шерубай-Нұра және Тентек аудандары, олар тектоникалық бұзылыстардың әртүрлі дәрежесімен, қойнауқаттар мен жекелеген қораптар құрылысының құрылымымен сипатталады. Бұл олардың лақтырылыстарының әртүрлі дәрежесін, кенеттен лақтырылыстардың тереңдігі мен көріністерін шарттайды.

Тентек ауданының шахталарындағы лақтырылыстардың орташа күші Шерубай-Нұра ауданындағы лақтырылыстан 3 есе және Қарағандыдағы лақтырылыстан 8 есе артық.

Саран учаскесінің неғұрлым бұзылған қабаттарында көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстарының көріну тереңдігі жер бетінен 200 м, көмір қабаттарының неғұрлым тыныш жатуымен сипатталатын өнеркәсіптік учаскеде, лақтырылыстардың ең аз тереңдігі – жер бетінен 350 м құрайды.

2. Аса қауіпті лақтырылыстар саны бойынша k_{12} (23 лақтырылыс), d_6 (14 лақтырылыс) және k_{10} (10 лақтырылыс) қуатты қойнауқаттары болып табылады. d_6 қойнауқаты бассейндегі лақтырылыстардың күші бойынша ең қауіпті болып табылады. Бұл қабатта тасталған тау массасы (3250 т) және шығарылған газ мөлшері (1,3 млн. m^3) бойынша ең күшті лақтырылыстар болды.

3. Зерттеулер көрсеткендей, бассейндегі барлық кенеттен лақтырылыстар геологиялық бұзылыстар аймағында пайда болды: 29 лақтырылыстар негізінен «ығысу» түріндегі бұзылыстармен, 19 лақтырылыстар ұсақ тектоникалық бұзылыстар аймағында, ал 11-сұйыққойма қуатының өзгеру аймағында және қарқынды үгітілген көмір қорабы болған кезде.

4. Кенеттен шығарылатын жерлерде көмір беріктігінің төмендігімен ерекшеленетіні анықталды. Көмір беріктігінің коэффициенті 0,15-тен 0,78-ге дейінгі мәндерді қабылдайды және орташа есеппен 0,39 құрайды. Лақтырылыстар бойынша қауіпті емес қойнауқаттарда көмірдің беріктік коэффициентінің орташа мәні екі есе жоғары.

5. Әдеби дереккөздерді талдау көрсеткендей, көмір мен газдың кенеттен лақтырылуы туралы қазіргі заманғы идеялар, сайып келгенде, өндірістің алға жылжуымен әр түрлі мөлшердегі жарықтар жүйесі дамиды деген қорытындыға келеді. Бұл қойнауқат пен жанас жыныстарды қоса алғанда, кенжар маңайындағы сілемде сақталатын серпімді деформациялардың потенциалдық энергиясының босап шығуына әкеледі. Бөлінетін энергияға өз үлесін кеңейтілетін газ да береді. Бөлінген энергия, өз кезегінде, бұзылыс жұмысына жұмсалады және жойылған материалдың қозғалысының кинетикалық энергиясына өтеді.

6. Бұзылған құрылымның көмірі кенеттен лақтырылыстар үшін қауіпті, себебі ол таужыныстарының қысымымен оңай ыдырайды, сонымен бірге ол көп мөлшерде ұсақталып, газды жоғары жылдамдықпен береді.

2. ГЕОЛОГИЯЛЫҚ БҰЗЫЛЫСТАР АЙМАҒЫНДА ГАЗДИНАМИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫНЫҢ ЖӘНЕ КӨРІНУІНІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ

2.1 Геологиялық бұзылыстар аймағындарындағы ГДҚ көріністерінің геомеханикалық сипаты

Тазарту және дайындық тау-кен қазбаларын жүргізу – бұл сілемнің қалыптасқан табиғи жағдайына технологиялық араласу, ол оның табиғи бастапқы кернеулі-деформацияланған күйінің бұзылысымен қатар жүретіні сөзсіз. Нәтижесінде, кернеулердің қайта бөлінуі және деформациялардың дамуы ашылу бетінің айналасында жүреді. Табиғи кернеулі-деформацияланған күйдің технологиялық бұзылыстарының салдары механикалық процестер болып табылады, бұл сілемнің жаңа тепе-теңдік кернеулі-деформацияланған күйінің пайда болуына әкеледі. Жаңа кернеу өрісі пайда болады, ол бастапқы таралудан және ашылу бетіне жақын кернеудің концентрациясынан ерекшеленеді.

Сыртқы және ішкі күштердің өзара әрекеттесуіне байланысты тау сілемінің күйін зерттеудің теориясы мен практикасына сәйкес, қазба аймағындағы тұрақты кернеу өрісі толығымен анықталған қозғалыс аймағына сәйкес келеді. Шартты түрде жанама жынысының қозғалыстарының серпімді және серпімді емес компоненттерін ажыратуға болады.

Серпімді қозғалыстар сілемдегі серпімді толқындардың таралу жылдамдығымен бірден жүреді. Серпімді қозғалыстардың мөлшері өте аз және әдетте соңғы қозғалыстардың бірнеше пайызын құрайды. Серпімді емес қозғалыстар едәуір маңызды және уақыт өте келе дамиды. Олардың мөлшері әсіресе қазбалар мен шоғырланған жыныстардың үлкен тереңдігінде серпімді қозғалыстардың мөлшерінен бірнеше есе асып кетуі мүмкін [57].

Қазбаларды жүргізгенге дейін қол жетімсіз сілем жыныстарының өз салмағынан және жалғасып жатқан тектоникалық процестерден туындаған бастапқы кернеулерді (кернеудің бастапқы өрісі) сезінеді. Сілемдегі таужыныстары көлемді кернеулі күйде болады (әдетте, жан-жақты сығылуды сезінеді). Кернеулер – бұл деформацияланатын дененің әр нақты нүктесінде сыртқы күштердің әсерінен туындаған ішкі күштердің өлшемінен басқа ештеңе емес. Тау-кен өндірісі өтетін тау-кен сілемінің кернеулі-деформацияланған күйінің маңызды ерекшелігі - қазба алдын-ала кернеулі сілемде, бастапқы кернеулердің тұрақты өрісі бар сілемде түзіледі. Бұл кернеудің бастапқы өрісі және технологиялық араласу нәтижесінде бұзылған сілемнің тепе-теңдік күйін анықтайды [94].

Қазіргі уақытта көмір қабаттары мен жанас жыныстардың деформация механизмдерін түсіндіретін көптеген гипотезалар белгілі. Олардың негізінде қазба жиегінде де, оның жанында да жүктемелер мен ығысулардың мөлшерін есептеу әдістері жасалады және ұсынылады [95, 96]. Қазбалардың деформациясының шамаларын болжау әдістері тау қысымының белгілі бір

гипотезасын жұмыс ретінде қабылдаумен тікелей байланысты. Мұндай гипотезаны қабылдау газдинамикалық немесе геодинамикалық құбылыстардың пайда болу мүмкіндігін болжау тұрғысынан түбегейлі маңызды болуы мүмкін. Бұл гипотезалардың заңдылығы мен ғылыми-практикалық негізділігін, демек, әртүрлі сипаттағы тектоникалық бұзылыстар аймағында есептеу әдістерін дұрыс бағалау өте маңызды.

Қолайлы нәтиже алуға мүмкіндік беретін таужыныстары мен сілем механикасы мәселелерін шешудің теориялық әдістері, әдетте, ортаны дәріптеушілікті қажет етеді. Белгілі бір гипотезада қабылданған ортаның дәріптеу дәрежесіне байланысты тау сілемі классикалық серпімді, пластикалық және реологиялық модельдерге тән арақатынастармен сипатталады [19].

Таужыныстарының механикасынан белгілі таужыныстарының серпімді моделі – бұл кернеулер мен деформациялар сызықтық қатынастармен байланысқан сызықтық деформацияланған орта. Серпімді модельді пайдалану кезінде таужыныстарының сілемі қатты серпімді орта ретінде қабылданады [97].

Тау сілемінің механикасы саласындағы көптеген танымал ғалымдар серпімділік теориясының аппараты негізінде қазба маңындағы сілемнің күйін зерттеумен айналысты [98,58]. Серпімділік теориясының көмегімен бекітпеге түсетін жүктемелер, жыныстардың серпімді қозғалысы анықталды, қазба қимасының контурындағы және сілемнің тереңдігіндегі кернеулер зерттелді. А.И. Денник және С.Г. Лехницкий жыныстардың изотропты сілемде өткен дөңгелек тік қазбаның айналасында жылжуын анықтады. В.М. Родин изотропты сілемдегі көлденең таужыныстарының жылжуын анықтады. [58] жұмыста анизотропты сілемде орналасқан көлденең қазбаның айналасындағы жыныстардың ығысуы мен механикалық ыдырауы зерттелді және жыныстардың серпімді ығысуын қазбаның контурында және сілемнің тереңдігінде анықтауға мүмкіндік беретін қатаң аналитикалық тәуелділіктер алынды.

Алайда, осы зерттеулерде алынған нәтижелер күрделі таужыныстарындағы динамикалық құбылыстарды түсіндіруге әрдайым мүмкіндік бермейді. Осы әдістермен есептеу кезінде алынған ығысулардың мөлшері тіпті сазды және құмды тақтатастар үшін бірнеше сантиметрден аспайды. Сонымен қатар, осы нәтижелер бойынша ығысулар қазбаны жүргізгеннен кейін дереу пайда болуы керек. Әр түрлі жағдайларда жүргізілген шахталық бақылаулар жылжулар ұзақ уақыт бойы жүретінін және олардың сазды және құмды ортадағы мөлшері бірнеше ондаған сантиметр болуы мүмкін екенін көрсетеді [59, 60].

Изотропты және анизотропты дененің серпімділік теориясының әдістері қазбаны өткізгеннен кейін сілемнің механикалық бұзылыс процесінің сапалы көрінісін сипаттауға және құбылыстың математикалық түсіндірмесін беруге мүмкіндік береді.

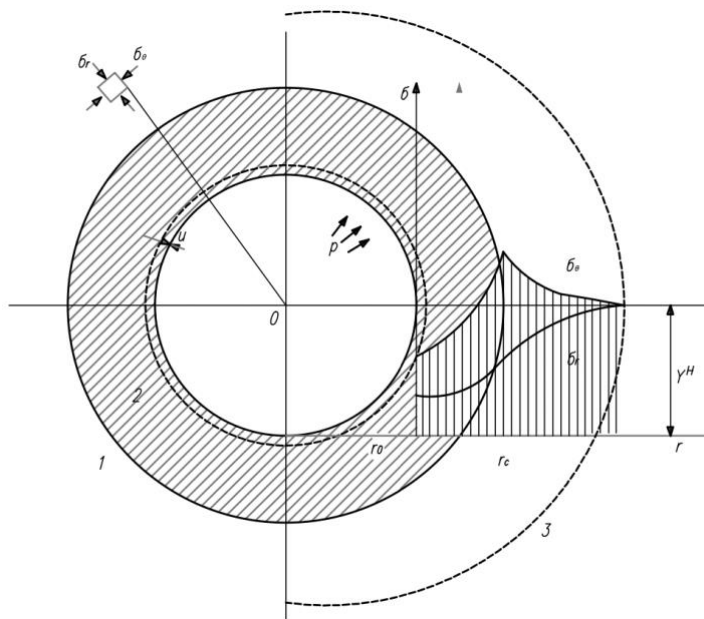
Таужыныстарының сілемі күйінің тағы бір моделі таужыныстарының негізгі ығысуы олардың серпімді емес деформацияларына байланысты жылжитын жыныстардың өзіндік салмағының әсерінен болады деп санайды.

Бұл модель шартты түрде қатаң пластикалық деп аталады. Бұл модельдегі тау сілемі қатаң деп саналады. Қатаң пластикалық модель геологиялық бұзылыстар аймағында өте тән борпылдақ және қатты жарылған жыныстар үшін өте қолайлы. Пластикалық деформация механизмі белгілі бір аудандардағы ығысулармен байланысты екенін ескере отырып, қатаң пластикалық ортаның құрылымдық диаграммасы үйкеліс механизмі түрінде ұсынылуы мүмкін. Бұл жағдайда Кулон-Мора шарты осы схемадан шығады [61]:

$$\tau_c = K + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.1)$$

мұндағы τ_c – жанама кернеулер, МПа; K – ілінісу, МПа; σ_n – сырғанау алаңдарындағы қалыпты кернеулер, МПа; φ – ішкі үйкеліс бұрышы.

Жұмыстың авторы [62] сілемнің серпімді пластикалық моделін ұсынды, оған сәйкес қазбаның айналасында үш деформация аймағы (немесе механикалық ыдырау) пайда болады: қазбаның әсер ету аймағы, серпімді деформация аймағы және пластикалық деформация аймағы (2.1-сурет). Бұл модельге сәйкес серпімділік пен икемділік теориясының ережелеріне сүйене отырып, сілемнің қалған бөлігімен шекті тепе-теңдікте болатын серпімді емес деформациялар аймағы анықталады [62]:

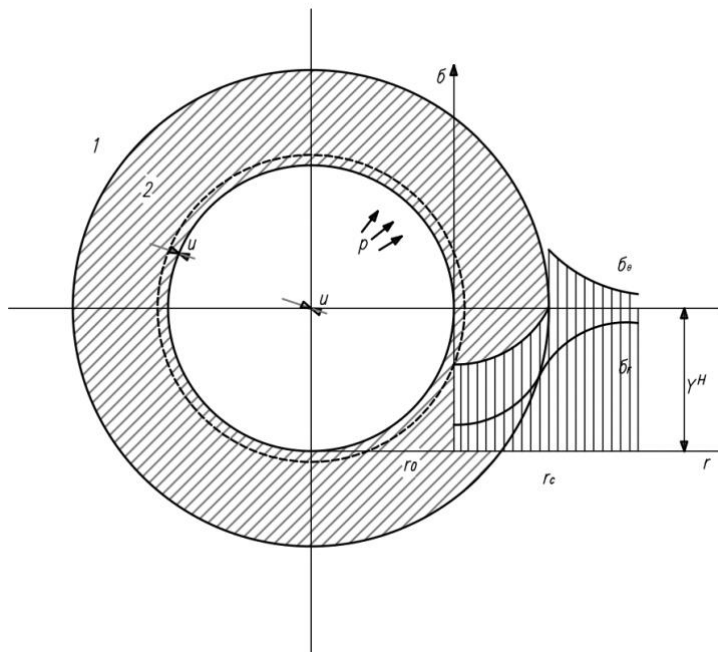


1 – серпімді деформациялар аймағы; 2 – пластикалық деформациялар аймағы; 3 – қазбаның әсер ету аймағының шекарасы

2.1 – сурет. [62] бойынша сілем жағдайының бұзылыс аймақтарын ұсыну.

Белгілі жұмыста [63] тау-кен сілемінің оның қазбамен өзара әрекеттесуіне бағытталған сынғыш модель жасалды. Бұл модельде орта материалының серпімділік шегі бір уақытта беріктік шегі болып табылады, оған қол жеткізу сілемнің толық бұзылысына әкеледі. Осы модельге сәйкес өндіріс айналасында

екі аймақ пайда болады: серпімді деформация аймағы және сыну аймағы (2.2-сурет). Сонымен қатар, пластикалық деформация аймағы сонымен бірге сыну аймағы болып табылады [63], онда қоршаған орта материалының қасиеттері айтарлықтай өзгерістерге ұшырады - материал бастапқы беріктігін жоғалтады. Содан кейін пластикалық аймақтың шекарасы әртүрлі қасиеттері бар екі ортаның шекарасы болып табылады.

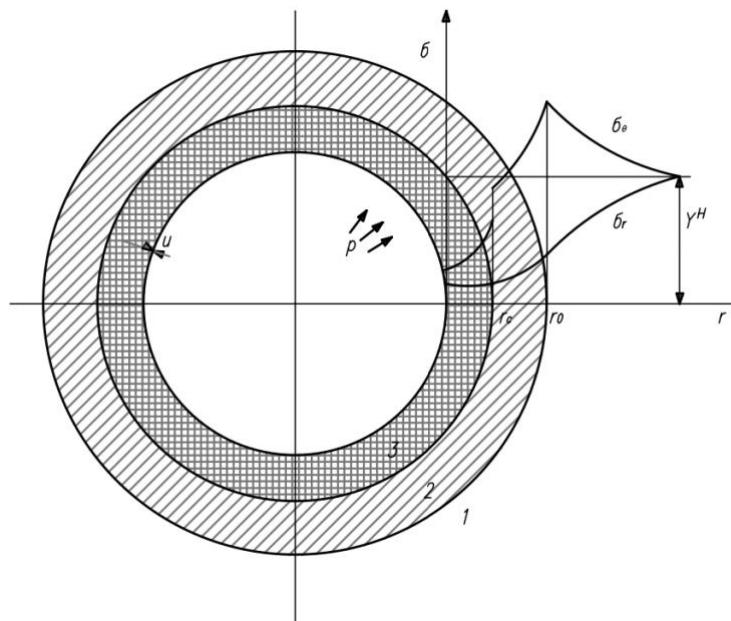


1 – серпімді деформациялар аймағы; 2 – бұзылыс аймағы

2.2– сурет. [63] бойынша сынғыш ортада кернеу аймақтарын қалыптастыру.

Жер асты құрылыстарын салу саласындағы мамандарға бағытталған [96] жұмысына сәйкес механикалық модель жасалды, бұзылыстан бұрын кейбір пластикалық деформация пайда болады. Мұндай модель тау-кен сілемінде өндіріс айналасында үш аймақ бөлінеді: серпімді деформация аймағы, бұзылмай өтетін пластикалық деформация аймағы және бұзылыстар аймағы (2.3-сурет). Бірақ бұл бұрын айтылған сынғыш модельден ерекшеленеді, өйткені таужыныстарының жойылуынан бұрын белгілі бір пластикалық деформация болады [96]:

Қазба айналасындағы жыныстардың серпімді-тұтқыр-пластикалық деформацияны ескеретін құрамдас модель [64] деп аталатын, қарауға ұсынылатын жұмыстар белгілі. Осы модельдің ережелеріне сәйкес таужыныстарының сілемінде таужыныстарының әртүрлі күйлерімен сипатталатын төрт аймақ пайда болады: тұтқыр серпімді деформация аймағы, пластикалық деформация аймағы, ішкі шекарадағы шекті бұзылыстан сыртқы шекарадағы бұзылмаған күйге дейін таужыныстарының біртіндеп жойылу аймағы және бұзылған жыныстар аймағы (2.4-сурет). Бұл модель уақыт өте келе серпімді және пластикалық деформациялардың дамуын ескереді.



1 – серпімді деформациялар аймағы; 2 – пластикалық деформациялар аймағы; 3 – бұзылыстар аймағы

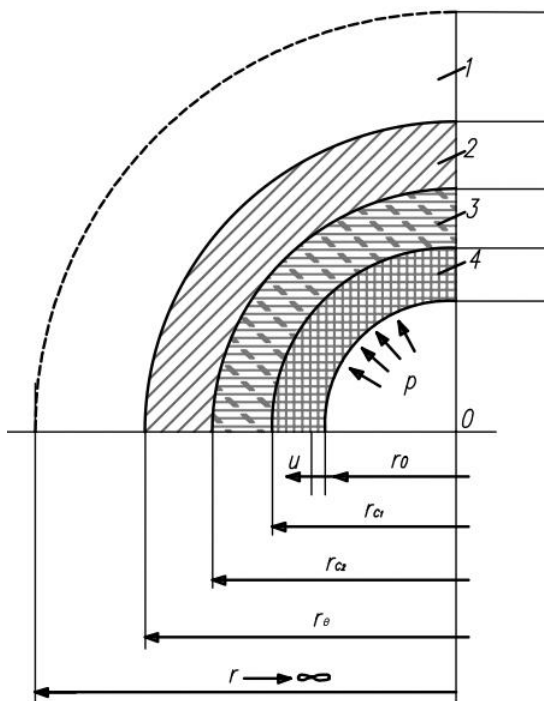
2.3– сурет. Сілемнің біртекті емес моделі жағдайында деформация аймақтарын [96] бойынша қазбамен қалыптастыру

Барлық геомеханикалық модельдер таужынысын физикалық және механикалық қасиеттердің белгілі бір жиынтығымен қатты, изотропты дене ретінде қарастырады. Сонымен қатар, таужыныстарының көмір қабаттарының қосындыларының қасиеттері олардың технологиялық араласуға дейін механикалық бұзылысқа ұшырамайтындығын ескере отырып белгілі болғаны түсініледі. Бұл модельдерді газдинамикалық құбылыстардағы процестерді сипаттауға қатысты зерттей отырып, геологиялық бұзылыстар аймағында тау-кен жұмыстарын жүргізу аймағындағы сілем қажетті қасиеттерге ие болмауы мүмкін екенін түсіну керек.

Бұл газдинамикалық құбылыстар процестерін математикалық моделдеу кезінде таужыныс сілемінің геомеханикалық модельдеріне сүйенген дұрыс және қажет екенін білдіреді, олармен жұмыс жасай отырып, қызығушылық тудыратын сұрақтарға қолайлы жауаптар алуға болады.

Сонымен бірге, тау-кен қазбасына іргелес сілемнің жаңа күйін қалыптастырудың геомеханикалық модельдерінің әрқайсысы оның күрделілігін және белгілі бір дәрежеде ұқсастығын сипаттайды. Бұл өндіруден кейін пайда болған жаңа кернеулі-деформацияланған күйдің салдары айналадағы таужыныстарындағы тепе-теңдіктің жоғалуына байланысты механикалық процестер болуы мүмкін, нәтижесінде көміртегі сілемінің төменгі бөлігінің сыртқы немесе ішкі әсерлерге төзімділігі төмендейтінін білдіреді. Кейбір жыныстардағы бұл процестер пластикалық ағым түрінде, ал басқаларында – екі

жақты болуы мүмкін сынғыш бұзылыс түрінде жүзеге асырылады: жарықтардың дереу дамуы немесе жыныстардың ұзақ мерзімді бұзылыс аймақтарының сілемінде пайда болуы.



1 – тұтқыр-серпімді деформация аймағы; 2 – бұзусыз пластикалық деформациялар аймағы; 3 – біртіндеп бұзылыс аймағы; 4 – толық бұзылыс аймағы.

2.4 – сурет. Геомеханикалық модельдің схемалық көрінісі

Тиісті геомеханикалық ортаны құрудағы белгісіздік пен көзқарастардың карама-қайшылығының себебі, мүмкін, қатты денелердің деформациясы мен бұзылыс жағдайларын, әсіресе сыртқы күштерді қолдану жағдайларын жүйелеудің жеткіліксіздігі немесе анық емес қабылдау болып табылады.

Кез-келген кен орындарының таужыныстары құрылымы мен материалдық құрамы жағынан гетерогенді полиминералды жүйелер болып табылады. Қатты жыныстар, көмірдің кейбір түрлері сияқты, үлкен қатты денелермен анықталады. «Квазипластикалық» деп аталатын деформациялар оларда жан-жақты қысу болған кезде пайда болады. Тек ылғалды жыныстардың әсерінен ісінуге бейім немесе сазды түзілімдер тән.

Қатты жыныстардың қалыпты жағдайда сынғыштығының негізгі себептерінің бірі, тіпті күрделі қысу күйінде болса да, олар байланыстың бұзылысының белгілерін көрсетеді, таужыныстарын құрайтын минералдардың физикалық қасиеттері болып табылады, олардың көпшілігі сынғыш заттар, ал кейбіреулері белгілі бір жағдайларда жергілікті немесе «жан-жақты» деформацияларды көрсете алады.

Ашық беттерге қарай деформацияны дамыту үшін кеңістік болған кезде таужынысы сынғыш болады. Мысалы, сілемнен бөлінген блоктардың бөліктерін ұсақтау кезінде таужыныстарының бұзылысы өтеді. Мысалы, сілемнен бөлінген блоктардың бөліктерін ұсақтау кезінде таужыныстарының бұзылысы. Таужыныстарының сынғыштығы мен икемділігінің көріністерінің күрделілігі көлемдік сығудың жергілікті, оқшауланған пластикалық деформацияларын сол жыныста немесе материалда сынғыштықпен біріктіруге болатындығында болып табылады.

Нақты тау сілемі мүлдем серпімді емес немесе тек пластикалық, борпылдақ, жарылған плиталардан және т.б. тұрады. Таужыныстарының қалыңдығы бір уақытта немесе белгілі бір ретпен көрсетілген барлық қасиеттерді көрсетеді.

Зерттеу нәтижелерін және олардың негізінде пайда болған таужыныстарының сілемінде пайда болатын геомеханикалық процестер туралы идеяларды талдау бірқатар авторлардың еңбектерінде жоғарыда сипатталғандай, олардың айналасында үш аймақ пайда болатындығын көрсетеді: бұзылыс аймағы; серпімді емес деформациялар аймағы және серпімді деформациялар аймағы, олар өз кезегінде деформация процестері жүруі мүмкін бірқатар кіші аймақтарға бөлінуі мүмкін.

Мұндай аймақтардың өлшемдерінің арақатынасы тимеген сілемнің монолитті жай-күйі саласындағы өлшемдерден өзгеше болуы мүмкін геологиялық бұзылыстар саласында геомеханикалық процестер газдинамикалық құбылыстардың пайда болуына ықпал ететін немесе кедергі келтіретін неғұрлым күрделі сипатқа ие болуы мүмкін.

Қарастырылған дереккөздерді талдау ең маңызды факторлардың ішінде тектоникалық кернеулер өрісінің әсері, таужыныстарының құрылым ерекшеліктері және басқа геологиялық факторлары болатын гипотезаны қабылдауға мүмкіндік береді.

Газдинамикалық құбылыс, оның ішінде кенеттен лақтырылыс, сілемнің бір бөлігін ашық беткеймен шекарада бұзу нәтижесінде пайда болады (дайындық қазбасының немесе тазарту қазбасының қуысы, қазылған кеңістік және т.б.). Бұл ішінен әрекет ететін жүктемеге төтеп бере алатын немесе қабілетсіз, кейде «көмір жыныстарының тығыны» деп аталатын, «шекара маңы» аймағының қуаты (қалыңдығы) сілемнің кернеулі-деформацияланған күйіне, оның құрылымына және сілемге қосылған жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттеріне тәуелді.

Мұның бәрі сілемнің геомеханикалық моделін және соған байланысты беріктік немесе бұзылыс теориясын анықтайды. Газдинамикалық құбылыстардың себептері мен механизмін зерттеу кезінде зерттеушілер екі негізгі ережеге (теорияларға) негізделген: энергетикалық және беріктік. Маңыздысы, негізінде не дегенмен сілемнің сипаттамасы және сілемнің сипаттамасына сәйкес геомеханикалық модель жатыр.

Топыраққа арналған иілгіштік моделін механикалық бұзылыс немесе сілемге өзге де әсер ету нәтижесінде үгітілген немесе ұсақталған көмір

аймағының қуысы айналасындағы контурмаңы сілемінде пайда болу гипотезасы қабылданған жағдайда қабылдауға болады. Бұл модель үшін жалпы қабылданған бұзылыс критерийі – Мора Кулон критерийі [65]. Бұл критерий топырақ механикасында аса танымал және Кулон Тресканың және Ван Мезистің металдарға арналған және гидростатикалық қысымды есептеудегі бірінші критерий болып табылатын критерийлеріне дейін дамытқан.

Критерий материалдың кез-келген ішкі элементіне әсер ететін ығыстырушы (созушы) кернеуі мен қалыпты кернеу арасындағы байланыс Кулон-Мора шартын сипаттайтын (2.1) - теңдеуді қанағаттандырғанда пайда болатындығын анықтайды.

Сарапшылар сынғыш орта үшін серпімді модельді қарастырады. Мұндай материалдар модельдері үшін бұзылыс орын алатын бірнеше критерийлер ұсынылған: Бреслер-Пистер критерийі [65], Виллама-Варнке критерийі [66], Оттосен критерийі, Хок-Браунның жалпыланған критерийі. Алғашқы үш критерий негізінен кернеу тензорының инварианттарын қолданады, бұл бірнеше күрделі зерттеулер, сондықтан онша айқын емес.

Хок-Браунның жалпыланған критерийі [67] изотропты тасты сілемдерді жіктеу кезінде геологиялық беріктік индексінің сипаттамасын жақындату мақсатында жасалды және жетілдірілді. Осы критерий бойынша материалдың бұзылыс шарттарының өрнегі кернеудің неғұрлым түсінікті терминдерінде келесі түрде жазылады

$$\sigma_1 = \sigma_3 + (m \cdot \sigma_c \cdot \sigma_3 + s \cdot \sigma_c^2)^{1/2}, \quad (2.2)$$

мұндағы $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ — сілем материалын бұзуға қатысатын негізгі кернеулер және ретпен орналастырылған абсолютті мәндері

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3 \geq 0; \quad (2.3)$$

m, σ_c, s — материалдың физикалық-механикалық қасиеттерінің оң мәндері (бір осьті сығуға, ығысуға, серпімді қасиеттерге беріктік шектері).

Серпімді-пластикалық модель орта материалдарының салыстырмалы түрде шағын деформацияларын зерттеу кезінде тән және кернеу тензорын, бастапқы деформацияның тензорын және жылу деформациясының тензорын пайдалануға негізделген [68], бұл осы модельге негізделген сандық шешімдер кезінде белгілі бір қиындықтарға әкеледі.

2.3 Газдинамикалық құбылыстар процесінің динамикасы

Қабылданған гипотезаға сәйкес көмір мен газдың кенеттен лақтырылу процесінің келесі кезеңдерінің реттілігі қарастырылады.

1) Алдын ала (дайындық) сатысы.

Бұл кезеңде сілем «газдинамикалық энергиямен» қанықтырылады, табиғи және техногендік жарықтар жүйелеріндегі белсенді күштер артады. Күштердің абсолютті шамаларының өздерін, ал белсенді және енжар күштердің арақатынасының өзгеруін x еркін шағылысу жазықтығынан қашықтыққа байланысты қарастыру және бағалау дұрыс болады. Бұл сілемнің кенжармандық бөлігін жою мүмкіндігі әр жеке жарықтар жүйесіндегі белсенді күштің енжарлыққа қатынасы арқылы анықталатындығымен негізделеді.

Бұл сәт x кенжарға дейінгі қашықтыққа байланысты қойнауқаттың кенжармаңы бөлігінің газдинамикалық тұрақтылығын анықтайтын құрама параметрлер жиыны өзгертіндігімен түсіндіріледі: σ сілемдегі кернеу, P_g қойнауқатындағы газдың қысымы, жарықтар қабырғасындағы еркін газдың қысымынан туындайтын және кенжардың бос жазықтығына бағытталған F_a күшінің орташа мәні, оған кедергі келтіретін F_n шекті күштің мәні және сайып келгенде, F_a/F_n қатынасы.

2) Ашылған кеңістікке жақын көмір жынысты сілем қабатының бұзылысы және жылжуы.

Егер кенжар тыныш күйде болса, яғни оған ешқандай физикалық әсер етпесе, тез айналдыру іс жүзінде мүмкін емес, өйткені кенжарға жақын көмірдің едәуір массасын жылжыту үшін айтарлықтай энергия қажет.

Сонымен қатар, егер x кенжардан қашықтықта белсенді күш енжар энергиядан біршама асып кетсе және шамалы потенциалдық энергия пайда болса, онда ол бірден көмір массасының шамалы ығысуына байланысты кинетикалық энергияға айналады. Нәтижесінде белсенді күш жарықтар мен олардағы еркін газ қысымының төмендеуіне байланысты оның енжар күштен асып кетуінің аз мөлшеріне азаяды. Бірақ сонымен бірге осы жарықтарға газдың десорбциясы артады, газдың қысымы қалпына келеді, ал белсенді күш қайтадан енжарлықтан асып түседі, алайда орын ауыстыру қайтадан пайда болады және ол төмендейді. Мұндай «итерациялық» процесс көп жағдайда «тыныштықты» қалпына келтіруге әкеледі. Зерттеулер көрсеткендей, мұндай процесс жарықтардағы еркін газдың жеткілікті үлкен қысымымен айтарлықтай тереңдікте болады, бұл сілемде әрдайым болады. Алайда, ол кенеттен босатылуға әкелмейді.

Шығарылған лақтырылыстарды талдау барлық дерлік жағдайларда олар кенжар құралын сілемге енгізу кезінде (көмірді кенжарда уату, ұңғымаларды бұрғылау, гидросығу және т.б. кезінде) және жаңа ашылған бетті құру кезінде басталатынын көрсетті. Бұл жағдайда ашу маңындағы газ бен тау қысымының үлкен градиентінің есебінен сілем жоғары потенциалдық энергияға ие болады, ол бірден сілемнің бұзылысы түрінде жүзеге асырылады.

Кенжар маңындағы қабаттың бұзылысы мен ығысу кезеңі $F_a(x)$ белсенді күшінің $F_n(x)$ пассив күшінен белгілі бір қашықтықта артық болған жағдайда, яғни [11] шарт орындалған кезде пайда болады

$$\frac{F_a(x)}{F_n(x)} \geq 1 \quad (2.7)$$

Сілемнің газдинамикалық белсенділігінің негізгі сипаттамаларын ескере отырып, бұл шарт кеңейтілген түрде:

$$\frac{F_{ax}}{F_{nx}} = \frac{P_x \cdot S_x \cdot \lambda_x + \gamma \cdot S_x \cdot X \cdot \sin(\alpha)}{\Pi_x \int_0^x \tau_x dx} \geq 1, \quad (2.8)$$

немесе В.В. Ходоттың энергетикалық теориясына ұқсас ұсынылуы мүмкін:

$$W + \mathcal{E} = F + U, \quad (2.9)$$

мұндағы W – көмірдің потенциалдық энергиясы, $\mathcal{E}$ – таужыныстарының кинетикалық энергиясы, F – кенжар жағына көмірді жылжыту үшін қажет жұмыс, U – кенеттен шығарылған кезде көмір бұзылысы үшін қажет жұмыс.

Кенеттен лақтырылыстардың сипатталған механизмінен автордың [69] беріктігі төмен көмір лақтырылыстары бойынша ең үлкен потенциалды қауіптілік туралы тұжырымы шығады. Осындай көмірлермен қатталған қойнауқаттарда газды сүзу қиын, сілем элементтері арасындағы жарықтарда жоғары газ қысымы кезінде сұйыққоймада жоғары еркін газ қысымы пайда болады. Бұл жағдайда газ қысымының максималды тең әсерлі күші ең жоғары болады.

Алайда, кенжардың алдындағы көмірдің беріктігі өте аз болған кезде, көмір сілемі едәуір қашықтықта қатты бұзылысқа ұшырайды. Бұзылған көмір кенеттен лақтырылыстардың дамуына кедергі келтіретін қорғаныс аймағы болып табылады. Сонымен қатар, айқын бағыты жоқ көмірдің қатты уатылуы байқалады және белсенді күштер айтарлықтай мәнге жетпейді. Осылайша, өте әлсіз көмірдің төмен лақтырылысқа қауіптілігі байқалуы мүмкін.

2.4 Кенеттен лақтырылыс процесін моделдеу

2.4.1 Бұзылыстар аймағында ГДҚ моделдеу әдістемесі

Механизмге, оның барысы мен нәтижелеріне әсер етуді мақсат ететін кез-келген табиғи физикалық процесті зерттеу болып жатқан құбылыстардың себептері мен жағдайларын толық түсінуді, ұсынуды болжайды. Бұл барлық, әсіресе динамикалық процестерді зерттеудегі ғылыми көзқарастың негізгі шарттарының бірі болып табылады.

Тау-кен ғылымында, оның ішінде табиғи құраушы шарттары мен қолданыстағы факторлары айқын түзілетін геомеханикада бұл ереже тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде болатын процестерді моделдеу қажеттілігімен көрінеді. Газдинамикалық құбылыстарды зерттеу кезінде математикалық моделдеу ғалымдар үшін ең қолайлы деп танылды. Осы диссертацияда зерттелген құбылыстардың анықтамаларына тоқтала отырып, жұмыс авторлары [12] «көмір мен газдың кенеттен лақтырылуы - тау-кен қазбасының жанындағы

газбен қаныққан көмір қабатының қарқынды күйінің тез өзгеруінен туындайтын динамикалық құбылыс; көмірдің ішінара немесе толық бұзылысымен, газдың қатты бөлінуімен және газда тоқтатылған көмір ағынының пайда болуымен бірге жүреді» деп атап өтті.

Егер «газбен қаныққан көмір қабатының кернеулі-деформацияланған күйінің тез өзгеруі» гипотезасын алсақ, онда зерттеудің жалғыз тәсілі лақтырылыс процесінің механизмін зерттеу үшін көмір жыныстары сілемінің кернеулі-деформацияланған күйін математикалық сипаттау болып табылады.

Механикалық күй моделін таңдау, таужыныстарының (модель параметрлерін) қасиеттерін беру дәлдігі моделдеу нәтижелеріне айтарлықтай әсер етеді [62]. Негізінен, таужыныстарының сызықтық емес қасиеттерін елемейтін серпімді шешімдерде жеткілікті дәлдікті алуға болады, бірақ басқа жағдайларда иілгіштіктің, сусымалықтың және сынғыш бұзылыстың сызықтық емес қасиеттерін ескеру қажет.

Мұнда шешімдердің сапалы дәлдігі туралы айтып отырмыз, өйткені құбылысты болжау сапалы деңгейде және процестің негізгі параметрлерін алдын-ала есептеу инженерлік практика үшін маңызды талап болып табылады.

Математикалық модельді негіздеу кезінде ГДҚ моделдеу әдіснамасының негізін құрайтын үш схемалық проблема туындайды [29]:

- физикалық-механикалық қасиеттерін, негізгі өлшемді элементтерін анықтай отырып және оларды модельденген көлем кеңістігінде көрсете отырып, таужыныстары сілемінің құрылымдық-геометриялық сипаттамасы;

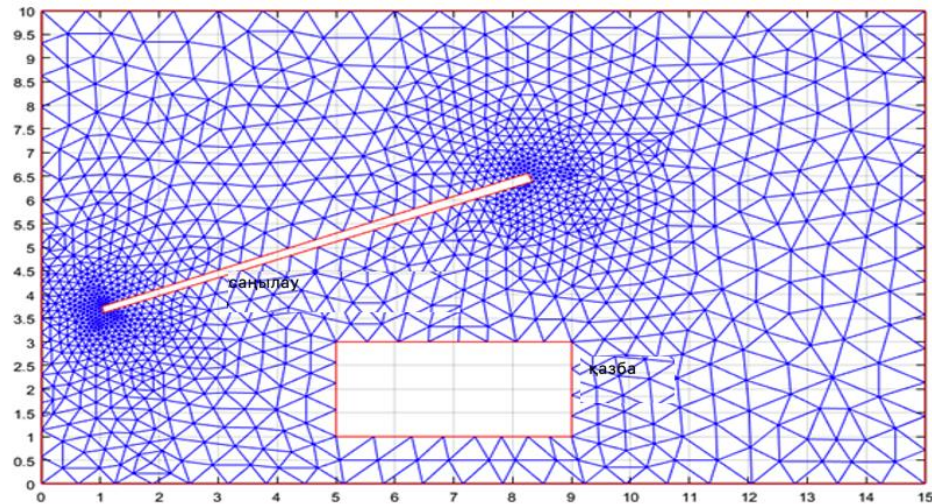
- таужыныстары сілемінің деформациясы мен бұзылысының физика-механикалық заңдылықтарының аналитикалық сипаттамасы, сонымен қатар суға қаныққан сілемдер үшін геомеханикалық және гидродинамикалық процестердің өзара байланысын математикалық түрде көрсету;

- бастапқы жағдай мен технологиялық факторларды ескере отырып, жүктеме режимінің дұрыстығын қамтамасыз ететін шеттік есептерді қою және шешу әдістері.

Бірінші мәселені шешу (сілемнің құрылымдық-геометриялық күйінің моделін құру), ең алдымен, бұл геологиялық мәселе. Математикалық моделдеу кезінде физикалық-механикалық (деформациялық, беріктік және сүзгілеу) қасиеттерінің берілген ерекшеліктері бар беттер мен көлемдердің геометриялық бейнелері түрінде сипатталатын геологиялық көріністерге сәйкес келетін (әдетте, шамалас) жеке объектілер бөлінеді. Жеке объектілер ретінде жыныстардың әр түрлі типтерінің қабаттары немесе аудандары, ажырау жазықтығы ретінде қарастырылатын геологиялық бұзылыстар және т.б. ерекшеленуі мүмкін.

Сілемнің біртекті деп қарастырылатын бөліктері, әдетте, басқа типтегі жарықтармен немесе босаңсуларымен бөлінген және олардың деформациясы мен бұзылысы негізінен осы ақауларға (жарықтарға) байланысты өтеді. Өңірлік геологиялық бұзылыстар деңгейінде және аз мөлшерде болатын деформация және бұзылыс процестерінің ұқсастықтары туралы айтуға болады, алайда нақты

жынысты сілемнің ығысқан бөліктерін бөлетін тар саңылау түрінде (пішінде) бейнеленеді.



2.6– сурет. Соңғы элементтер әдісі бойынша есептеу схемасы

Екінші кезеңде сыртқы және көлемдік (массалық) күштердің әсерінен сілемдегі кернеулер мен деформацияларды аналитикалық сипаттау үшін серпімділік теориясының теңдеулері қолданылады [74, 75]. Бұл жағдайда сілемнің белгілі сипаттамалары бар деформацияларда пайда болатын кернеулердің байланысы Гук заңымен сипатталады, ол жазық жағдайда келесі түрге ие болады:

$$\sigma_x = 2 \cdot G \cdot (\epsilon_x + \frac{\Delta}{\nu - 2}), \quad \tau_{xy} = G \cdot \gamma_{xy} \quad (2.10)$$

$$\sigma_y = 2 \cdot G \cdot (\epsilon_y + \frac{\Delta}{\nu - 2}), \quad \tau_{yx} = G \cdot \gamma_{yx} \quad (2.11)$$

мұндағы σ_x, σ_y – қалыпты кернеу компоненттері, МПа;

τ_{xy}, τ_{yx} – жанама (ығыстырушы) кернеулердің компоненттері, МПа;

ϵ_x, ϵ_y – X, Y осьтері бойынша қалыпты деформациялар компоненттері;

γ_{xy}, γ_{yx} – x жазықтығындағы жанама деформациясының

компоненттері;

G – сілем материалының ығысу модулі, МПа;

ν – сілем материалының Пуассон коэффициенті;

Δ – дифференциалды оператор.

(2.10) және (2.11) – қатынастар қозғалыс теңдеулерімен бірге эллиптикалық типтегі жартылай туындыларда дифференциалдық теңдеулер жүйесін құрайды [81]:

$$\rho \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = G \left\{ \Delta x + \frac{\nu}{(\nu - 2)} \frac{\partial \Delta}{\partial x} \right\} + F_x, \quad (2.12)$$

$$\rho \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = G \left\{ \Delta y + \frac{v}{(v-2)} \frac{\partial \Delta}{\partial y} \right\} + F_y. \quad (2.13)$$

Координаталық осьтердің бағыттарындағы сыртқы күштердің проекциясы келесі формулалардың кернеулерімен байланысты

$$F_x = - \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} - \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y}, \quad (2.14)$$

$$F_y = - \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} - \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x}. \quad (2.15)$$

Әдетте, теңдеулер есебін шешу үшін ортаның серпімді моделін қолдану нақты тау сілемінің күйіне алғашқы жақындау болып табылады, ол әртүрлі факторлардың әсерін талдау және инженерлік шешімдер қабылдау үшін дәлдікпен тиімді нәтиже береді.

Диссертацияда математикалық модель теңдеулерінің сандық шешімі (2.10)–(2.15) ғылыми зерттеулер мен техникалық қосымшалар үшін әзірленген арнайы біріктірілген MATLAB бағдарламалық құралын (матрицалық зертхана) пайдалана отырып орындалды [76, 77]. Моделдеу нәтижесінде бұл бағдарламалық пакет геомеханикалық нысандар мен конструкцияларды қамтитын сілемнің кернеулі-деформацияланған күйі туралы толық ақпаратты көрсетеді: кернеулер (негізгі σ_1, σ_2 , көлденең σ_x , тік σ_y , тангенциалды (тангенциалды τ), сондай-ақ тиісті салыстырмалы деформациялар ε .

Мысалды моделдеу үшін келесі параметрлер мен бастапқы деректер қабылданады:

- қойнауқаттың жату тереңдігі $H = 500\text{м}$;
- қалың қабаттың көлемдік салмағы $\gamma = 0,026\text{МН/м}^3$;
- қазба ені $b = 4\text{м}$, биіктігі $h = 2\text{м}$;
- қазбадан бұзылыс нүктесінен (саңылау) нормаль бойынша оған ең қысқа қашықтығы $d = 3\text{м}$, бұзылыс ұзындығы (саңылау ені) – 10м .

Есептеу схемасындағы сілемде жоғарыдан қысым γH , төменнен қысым ($-\gamma H$), ал екі жағынан – бүйірлік керу $\lambda \gamma H$ жүктелген. Бүйірлік керу коэффициенті $\lambda = 1,56$ деп қабылданған, бұл Қарағанды кен орнының жағдайлары үшін «солтүстік-оңтүстік» бағытына сәйкес келеді [78]. Есептік тік гидростатикалық қысым $12,5\text{МПа}$, көлденең $19,5\text{МПа}$.

Өркелкі кернеу күйі модельденеді, яғни

$$\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3 \quad (2.16)$$

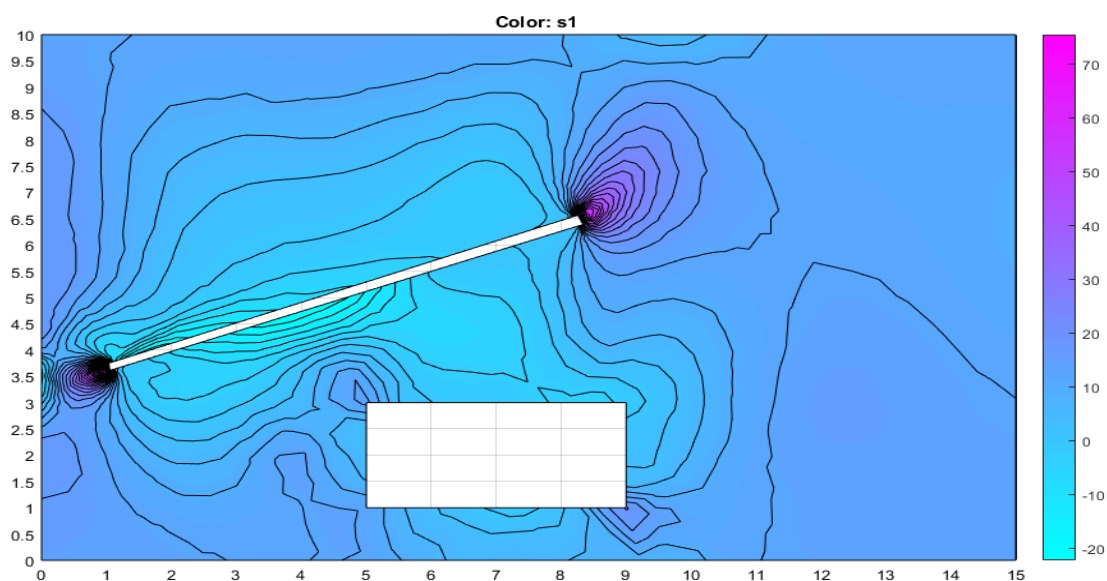
$K_{c.o} = 0,3$ құрылымдық әлсіреу коэффициентін ескере отырып, сілемнің физикалық-механикалық қасиеттеріне келесілер қабылданған:

- қазба орналасқан таужыныстарының (құмтас) серпімділік модулі, $E = 0,48 \times 10^4\text{МПа}$;

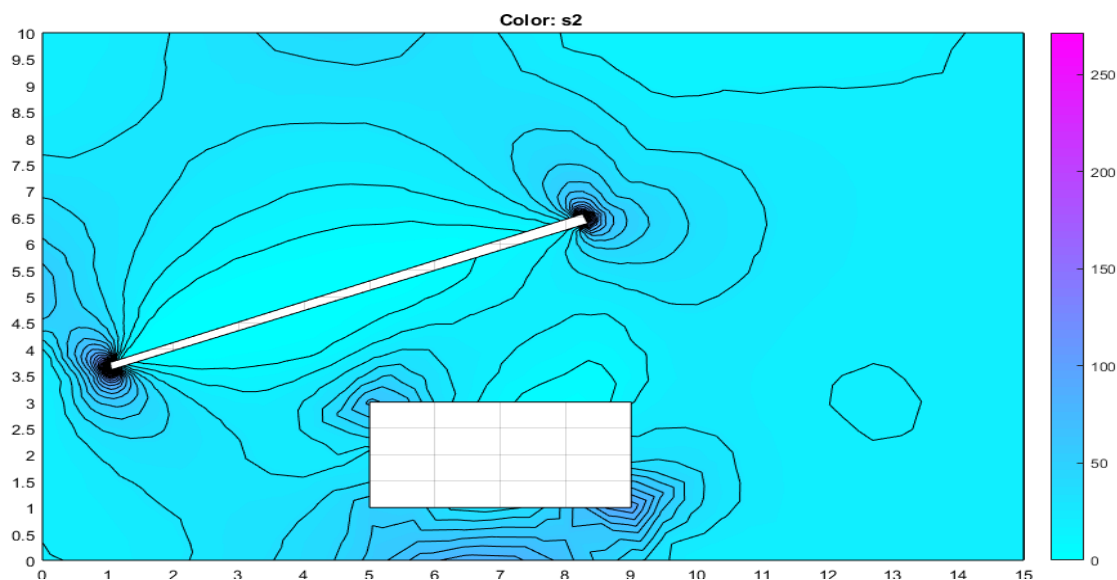
- бір осьті сығудың шекті кедергісі $\sigma_{сж} = 24\text{МПа}$;
- Пуассон коэффициенті $\nu=0,22$;
- ішкі үйкеліс бұрышы $\varphi=35^\circ$.

Көмір үшін тиісті физикалық және механикалық қасиеттері: $E=0,1 \cdot 10^4\text{МПа}$, $\nu=0,26$, $\varphi=38^\circ$.

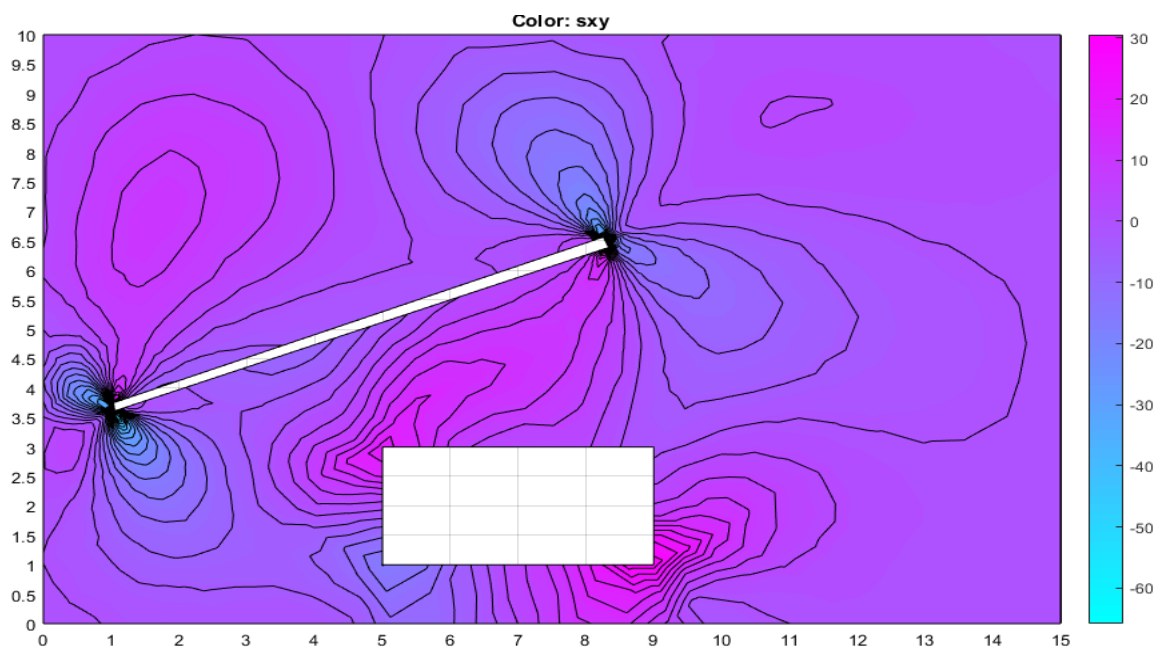
Сандық моделдеу. MATLAB пакетінің бағдарламалық ортасы (2.10) – (2.15) теңдеулер жүйесін зерттелетін сілемнің кернеулі-деформацияланған күйі компоненттерінің сандық мәндерін графикалық визуализациямен шешеді. 2.7–2.10 суреттерде пакеттің бағдарламалары арқылы есептелген және салынған қазбаның төбесі мен шеттеріндегі кернеу өрістерінің графикалық көріністері көрсетілген:



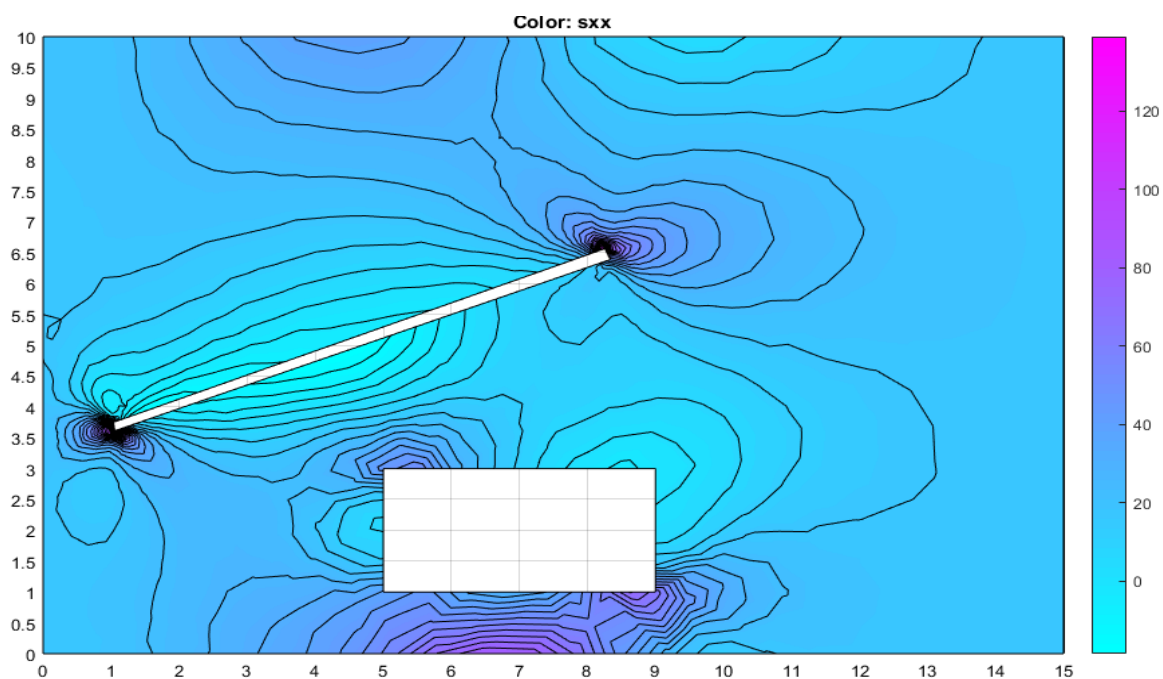
2.7 -сурет. Алғашқы негізгі кернеулердің σ_1 графикалық өрісі



2.8 – сурет. σ_2 екінші негізгі кернеулердің графикалық өрісі



2.9 – сурет. τ жана σ_{xy} кернеулерінің графикалық өрісі



2.10 – сурет. σ_x көлденең кернеулердің графикалық өрісі

ҚДК сандық моделдеу арқылы 2.1-кестеде келтірілген төбедегі және қазба беткейлеріндегі кернеулердің мәні алынды. Негізгі қалыпты кернеулерді белгілеуде $\sigma_1 > \sigma_2$ қабылданады.

2.1 – кесте. Қазбаның айналасындағы есептік кернеулердің сандық мәндері (МПа)

Кернеу	Қазбаның төбесінде сол жақ беткейден (м) қашықтықта								
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
σ_1 , МПа	63,0	53,0	34,0	21,0	11,5	6,0	3,5	4,6	17,5
σ_2 , МПа	12,8	2,5	-2,0	-3,0	-3,5	0,5	1,2	5,3	9,8
σ_x , МПа	44,5	50,0	32,0	19,0	11,0	4,1	-1,1	-4,2	-4,8
τ , МПа	19,1	13,0	8,3	5,3	3,5	2,8	1,9	0,15	0,35
Қазбаның сол жақ беткейі топырақтан (м) қашықтықта									
σ_1 , МПа	49,5	35,0	27,0	43,0	63,0				
σ_2 , МПа	12,1	7,0	4,7	4,2	12,8				
σ_x , МПа	38,0	14,6	6,6	12,0	44,5				
τ , МПа	-15,0	-9,7	1,4	15,4	19,1				
Қазбаның оң жақ беткейі топырақтан (м) қашықтықта									
σ_1 , МПа	88,0	60,0	33,0	24,0	17,5				
σ_2 , МПа	18,7	4,8	2,4	1,2	-1,6				
σ_x , МПа	64,0	17,0	4,0	2,1	-1,1				
τ , МПа	27,0	22,0	6,3	1,4	-1,9				

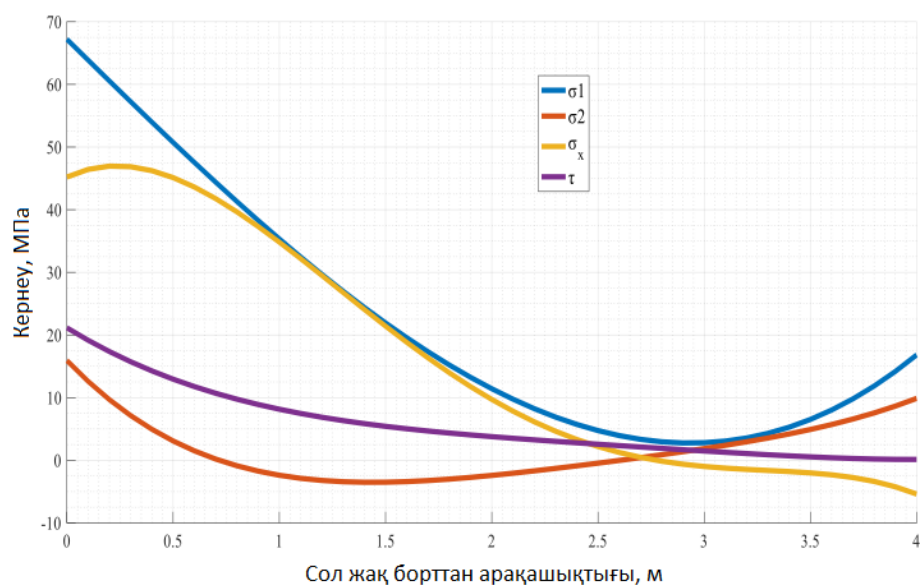
Қарастырылып отырған модельдік мысалда үзілісті тектоникалық бұзылысты модельдейтін саңылау «табаны» мен қазбаның төбесі арасында орналасқан сілем бөлігінің кернеулі-деформацияланған күйі зерттеледі. Дәл осы аймақта одан әрі лақтырылыстар пайда болуымен сілемнің бұзылысы өтеді деп күту қисынды. Осы алғышарттарға сүйене отырып, қазбатөбесі бойынша кернеулердің модельдік сандық мәндерінің таралуының аналитикалық өрнектерін алу мақсатында олардың көпмүшелерімен жуықтау орындалды, олардың түрлері мен статистикалық бағалары 2.2-кестеде келтірілген.

2.2–кесте. Қазба ені бойынша төбедегі кернеулердің модельдік сандық мәндерінің өзгеруін жуықтаушы теңдеулер

Кернеулер	Көпмүше теңдеулер	Бағалау R^2
Бірінші негізгі кернеу, МПа	$\sigma_1 = 1,224 \cdot x^3 + 0,3021 \cdot x^2 - 33,39 \cdot x + 67,2$	0.9961
Екінші негізгі кернеу, МПа	$\sigma_2 = 0,5586 \cdot x^4 - 5,682 \cdot x^3 + 22,28 \cdot x^2 - 35,47 \cdot x + 15,92$	0,9886
Көлденең кернеу, МПа	$\sigma_x = -1,55 \cdot x^4 + 14,15 \cdot x^3 - 38,95 \cdot x^2 + 15,94 \cdot x + 45,21$	0,9854
Жанама кернеу, МПа	$\tau = 0,2253 \cdot x^4 - 2,442 \cdot x^3 + 10,06 \cdot x^2 - 20,84 \cdot x + 21,14$	0,9983

Ескертпе: Айнымалы «x» қазбаның сол жақ беткейінен арақашықтықты білдіреді.

2.2-кестенің жуықтаушы көпмүшелерді пайдалана отырып, аралық нүктелердегі кернеулердің мәндері есептелді және жеткілікті рұқсатпен 2.11-суретте келтірілген қазба төбесіндегі кернеулердің оның ені бойынша өзгеру (таралу) графигі салынды.



2.11 –сурет. Қазбаның төбесіндегі кернеулерді оның ені бойынша бөлу

2.1-кесте мен 2.11-сурет графигінің деректерінен көрініп тұрғандай, қазба төбесінде σ_1 - бүкіл ені бойынша созылатын бірінші негізгі кернеулер («+» белгісі) қазба ортасына қарай төмендейді. Екінші негізгі кернеулер σ_2 - сол жақ жиектен созылатын, қазба ортасынан қысатын («-» белгісі) және қайтадан оң жиекке созылатын кернеу. Көлденең кернеулер σ_x төбенің оң жақ шетіне қарай сығыла өтумен созылып жатыр. Жанама (тангенциалдық, ығыстырушы) кернеулер – қазбаның бүкіл ені бойынша созылатын кернеулер.

Қазбаның өзара орналасуы мен дизъюнктивті бұзылыс жазықтығының зерттелген нұсқасын моделдеу тікбұрышты қима қазбасының төбесіндегі барлық кернеулердің өрістерінің келесі қалыптасуымен сипатталатынын көрсетті: 63-50 МПа-ға дейінгі ең үлкен алғашқы негізгі және көлденең созушы кернеулер қазба төбесінің сәйкесінше сол жақ жоғарғы бұрышында шоғырланған. Бұл шамалар жыныстардың іргелес қалыңдығынан тік қысымнан 5-4 есе жоғары артады. Егер таужыныстары сығылуға қарағанда созылуға (ажырауға) әлдеқайда нашар қарсылық көрсететінін ескерсек, онда қазба төбесіндегі кернеу концентрациясының қалыптасқан өрісі лақтырылыс ошағына алғашқы жақындауды көрсетеді.

Моделдеу кезінде кернеудің ұқсас таралу өрістері дизъюнктивті бұзылыс жазықтығының қимасын модельдейтін және қазбаның төбесіне бағытта қарайтын саңылау «табаны» үшін де алынды. Бұл кернеулердің мәні 2.3-кестеде келтірілген.

2.3–кесте. Саңылау «табанындағы» модельдік есептеу кернеулерінің (МПа) сандық мәндері

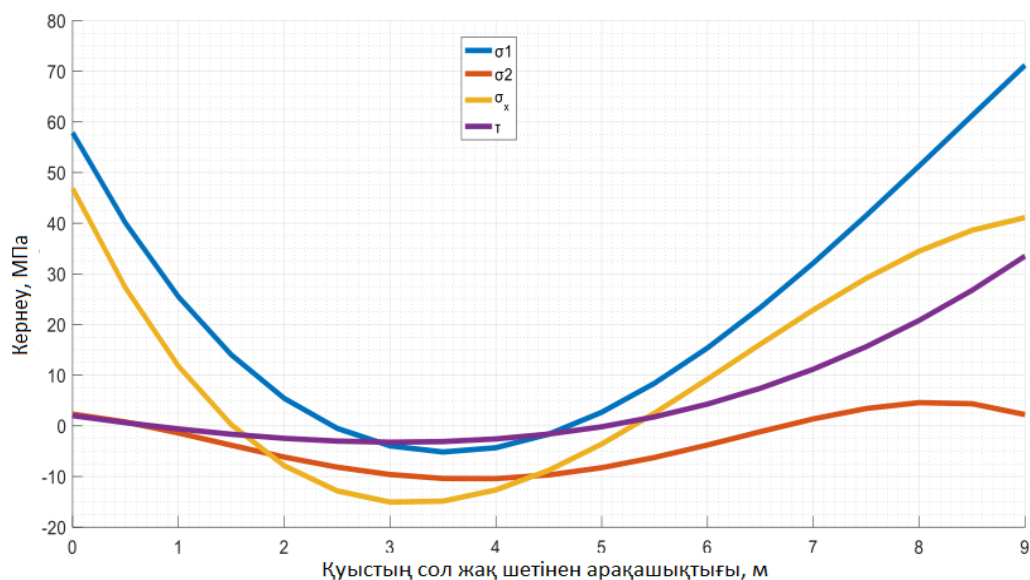
Кернеу	Саңылау «табаны» бойынша сол жақ шетінен (м) қашықтықта									
	0,1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
σ_1 , МПа	59	18	1,8	0,4	1,1	3,5	15,2	19,3	62	69
σ_2 , МПа	1,2	-0,17	-6,4	-11,6	-14,4	-6,8	-0,18	0,07	2,2	2,9
σ_x , МПа	47	2,1	-4,2	-11	-16,5	-2,1	12,7	17,9	35	42
τ , МПа	1,4	-0,14	-1,7	-4,8	-3,1	2,2	5,2	5,4	26	32

Саңылау «табанының» кез-келген нүктесіндегі кернеулерді есептеу мүмкіндігі мақсатында 2.4-кестеде келтірілген көп мүшелер түрінде жуықтаушы теңдеулер идесіндегі жуықтау теңдеулері шығарылды. Осы теңдеулерді қолдана отырып, графиктер 2.12-суретте көрсетілген саңылау «табаны» бойынша кернеудің таралуы есептеледі.

2.4-кесте. Саңылау «табаны» (дизъюнктивті бұзылыс жазықтығы) бойынша кернеулердің модельдік мәндерінің өзгеруінің жуықтаушы теңдеулері

Кернеу	Көпмүше теңдеулер	Бағалау R^2
Бірінші негізгі кернеу, МПа	$\sigma_1 = -0,2759 \cdot x^3 + 6,992 \cdot x^2 - 39,1 \cdot x + 57,87$	0,9373
Екінші негізгі кернеу, МПа	$\sigma_2 = -0,0412 \cdot x^4 + 0,6332 \cdot x^3 - 2,117 \cdot x^2 - 2,212 \cdot x + 2,320$	0,8632
Көлденең кернеу, МПа	$\sigma_x = -0,485 \cdot x^3 + 9,153 \cdot x^2 - 43,73 \cdot x + 46,86$	0,9571
Жанама кернеу, МПа	$\tau = 0,0549 \cdot x^3 + 0,216 \cdot x^2 - 2,892 \cdot x + 2,017$	0,9983

2.12-суреттегі графиктерден көріп отырғанымыздай, бірінші негізгі σ_1 және көлденең σ_x кернеулердің минималды мәндерінің ауданы алшақтықтың ортаңғы бөлігінде орналасқан. Бұл жағдайда негізгі қалыпты кернеу созылады, ал көлденең кернеу қысылады. Сонымен қатар, бұзылыспен тікбұрышты қазба жазықтықтары – саңылаудың модельдік өзара орналасуына сәйкес минимумның бұл аймағы максималды созылу кернеулері пайда болатын қазба төбесінің сол жақ бұрышына қарсы орналасқан.



2.12–сурет. Саңылау «табанында» кернеудің оның ұзындығы бойынша таралуы

Қазбаның және геологиялық бұзылыстың (қабылданған модельдік жағдайларда дизъюнктивті) арасындағы сілем жыныстарының орнықтылығын немесе бұзылысшылығын, яғни геодинамикалық құбылыстың көріну мүмкіндігін зерттеу үшін беріктіктің белгілі бір теориясын (немесе гипотезасын) қабылдау қажет.

Таужыныстарының механикасы мен бұзылысы туралы әйгілі жұмыстың авторы [79] көбінесе таужыныстарының шекті күйінің жағдайын сипаттау үшін Кулон-Мора критерийі қолданылады деп санайды

$$|\tau| = K + \sigma_n \cdot \tan(\varphi), \quad (2.17)$$

мұндағы K – ілінісу, МПа,

φ – ішкі үйкеліс бұрышы, градус,

τ және σ_n – тиісінше, ығысу алаңындағы жанама және қалыпты кернеулер.

Негізгі кернеулер терминдерінде бұл критерий [79] келесі түрде жазылады:

$$\sigma_1 = \vartheta \cdot \sigma_3 + \sigma_c, \quad (2.18)$$

мұндағы σ_c – бір осьті сығу кезінде жыныстар беріктігі, МПа;

σ_1 және σ_3 – максималды және минималды негізгі кернеулер, МПа;

ϑ – ішкі үйкеліс бұрышымен анықталатын жыныстың көлемдік беріктігі параметрі

$$\vartheta = \frac{1+\sin(\varphi)}{1-\sin(\varphi)}. \quad (2.19)$$

Таужыныстарының бұзылысшылығының бұл критерийін жұмыстың авторы [81] ықтимал босаңсу беттерінің бағдарлары белгісіз болған кезде қолдануды ұсынады. Сонымен қатар, (2.15)-(2.16) теңдеулерімен сипатталған таужыныстарының шекті тепе-теңдік күйінің өлшемі геомеханика есептерінде ұсынылған Хока-Браунның жалпыланған критерийіне құрылымдық жағынан ұқсас екенін атап өтуге болады:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + (m \cdot \sigma_c \cdot \sigma_3 + s \cdot \sigma_c^2)^{1/2}, \quad (2.20)$$

мұндағы $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – сілем материалын бұзуға қатысатын негізгі кернеулер және олардың ретпен орналастырылған абсолютті мәндері:

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3 \geq 0; \quad (2.21)$$

m, σ_c, s – материалдың физикалық-механикалық қасиеттерінің оң мәндері (бір осьті сығуға, ығысуға, серпімді қасиеттерге беріктік шектері).

Қабылданған математикалық моделдеу әдісіне сәйкес беріктік критерийлерін есептеу процесінде жойылатын орта үшін σ_t , σ_n және τ_n алаңында әрекет ететін кернеулердің шамалары қолданылады. Егер $\sigma_n > 0$ нүктесінде, яғни ең үлкен кернеу оң болса, онда тексеру (2.18)-критерийі бойынша жүргізіледі.

Диссертацияда моделдеу кезінде алынған нәтижелер ең үлкен негізгі кернеулер мен көлденең кернеулер оң болатындығын көрсетеді. Осы нәтижеге және жоғарыда келтірілген пайымдар мен сілтемелерге сүйене отырып, таужыныстарының тұрақтылығы немесе бұзылысы (2.15)-критерийі бойынша бағаланады. Ол үшін қазба төбесінің жуықтаушы теңдеулерді қолдана отырып (2.2- кесте), келесі арақатынас жасалады және талданады:

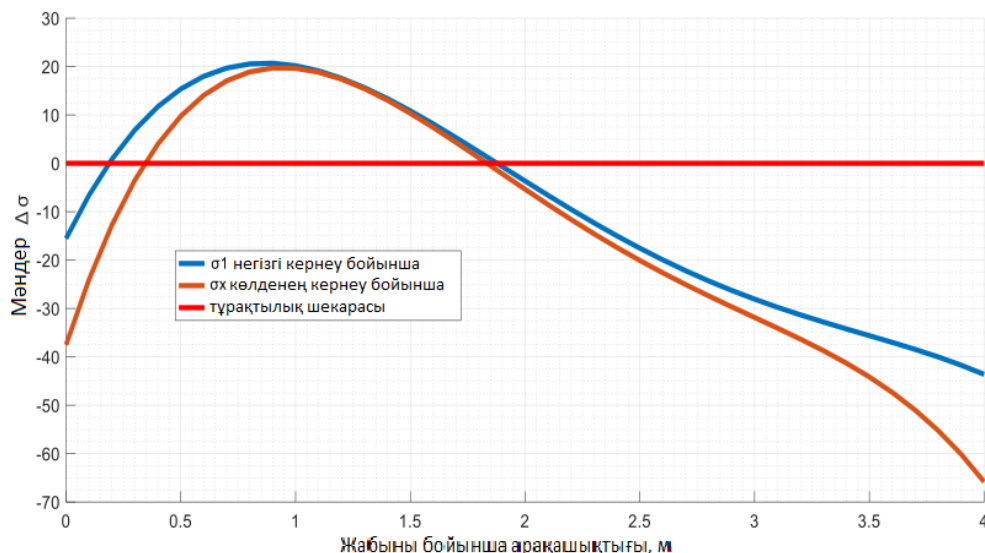
$$\Delta\sigma = \sigma_1 - (\vartheta \cdot \sigma_3 + \sigma_c), \quad (2.22)$$

онда бірінші (ең үлкен) негізгі кернеудің мәні σ_1 , ал σ_3 орнына екінші (ең кіші) негізгі кернеудің мәні σ_2 қолданылады. Егер $\Delta\sigma > 0$ мәні, яғни қолданыстағы негізгі қалыпты кернеу таужынысының бұзылысына кедергісі артық болса, онда бұл төбе жынысының аймағы Н.В.Черданцевтің терминологиясына сүйене отырып [73, 79], сілемнің тұтастығын бұзу аймағы және біздің зерттеулеріміз бойынша гео-газдинамикалық құбылыстың фокусын қалыптастырудың мүмкін аймағы болып табылады.

Моделдеу нәтижелері бойынша соңғы элементтер әдісімен қазба төбесіндегі жыныстар сілемінің тұтастығының ықтимал бұзылыс аймақтарының алғашқы негізгі кернеулердің σ_1 және көлденең созушы кернеулерінің σ_x әсерінен орналасуы зерттелді. MATLAB ортасында жасалған

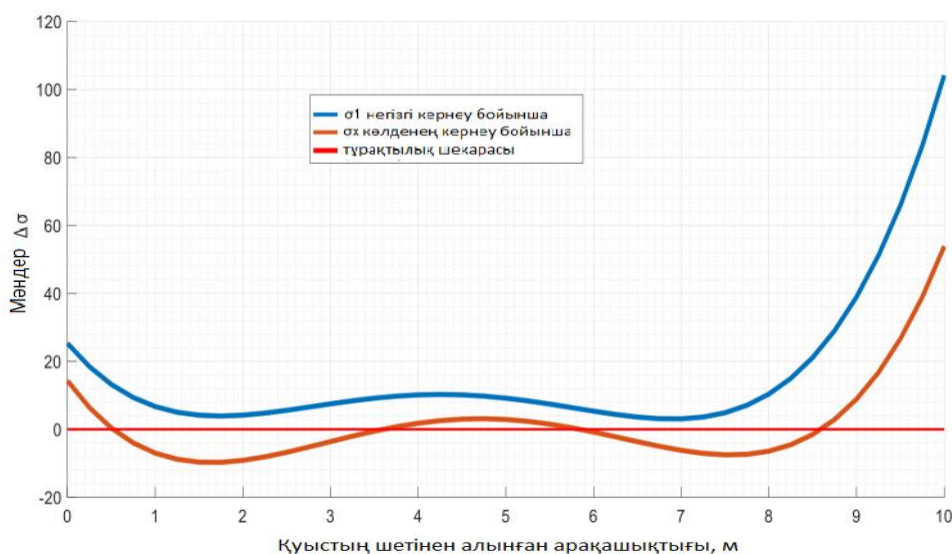
қолданбалы бағдарламаны қолдана отырып [76, 77], есептеулер жүргізілді және ең үлкен негізгі кернеу σ_1 және көлденең кернеу σ_x бойынша $\Delta\sigma$ шамасының өзгеру графигі салынды.

$\sigma_c = 24\text{МПа}$ сілемінде бір осьті қысу беріктігі бар құмтастан тұратын қазба төбесінің шарты үшін ішкі үйкеліс бұрышы $\varphi = 35^\circ$ көрсетілген (2.13-сурет) екі түрлі кернеулердің әсерінен тұтастықтың бұзылыс аймағы ($\Delta\sigma > 0$) қазбаның сол жақ беткейінен 0,25-тен 2 м-ге дейінгі аймақта қалыптасады.



2.13 – сурет. Негізгі кернеу бойынша σ_1 және көлденең кернеу бойынша σ_x төбедегі $\Delta\sigma$ шама белгісінің өзгеруі.

Сілемнің тұрақтылық жағдайын ұқсас зерттеу қазба төбесінің бағытына бағытталған саңылаудың «табан» аймағы үшін орындалды. Тиісті есептеулердің нәтижелері 2.14-суретте көрсетілген.



2.14 – сурет. Негізгі кернеу бойынша σ_1 және көлденең кернеу бойынша σ_x саңылау «табанында» $\Delta\sigma$ шама белгісінің өзгеруі.

Бұл суретте саңылау «табанындағы» таужыныстары сілемінің тұтастығының бұзылысы созылу негізгі кернеуінің σ_1 әсерінен бұзылыс жазықтықтығының бүкіл қимасы бойында өтуі мүмкін екенін көруге болады. Көлденең созушы кернеулердің әсерінен сілем тұтастығының бұзылысы саңылаудың ортаңғы бөлігінде шамамен 2 м ұзындықта пайда болуы мүмкін. Қабылданған модельдік орналасуы бойынша, бұл созушы кернеулердің максималды концентрациясымен төбенің сол жақ шетіне қарама-қарсы орналасқанын атап өтеміз.

Дизъюнктивті бұзылыс пен қазба арасындағы КДК моделдеу арқылы есептелген тұтастықтың бұзылыс аймақтарын талдау бұл аймақтардың созылу кернеулерінің әсерінен мүмкін болатын байланысы ГДҚ туындау себептерінің бірі болуы мүмкін екенін көрсетеді. Мұнда геологиялық бұзылыстар саласындағы коллекторларда болуы мүмкін, сондай-ақ сілемнің бұзылысына және ГДҚ көрінуі мен дамуына ықпал ететін газ қысымы қарастырылмайды.

2-тарау бойынша тұжырымдар

1. Соңғы элементтер әдісін сілемнің кернеулі-деформацияланған күйін зерттеу үшін, соның ішінде көмір шахталарындағы гео-газдинамикалық құбылыстардың есептерін шешу үшін математикалық моделдеу құралдарының бірі ретінде қолдануға болады.

2. Ғылыми және инженерлік есептеулер үшін MATLAB интеграцияланған бағдарламалық ортасының көмегімен есептелген сілемнің кернеулі - деформацияланған күй параметрлерінің тізімі қазба және геологиялық бұзылыстар арасындағы сілемнің тұрақтылық жағдайын жан-жақты зерттеуге мүмкіндік береді.

3. СЭӘ сандық моделінің гипотетикалық мысалындағы зерттеулер жақын орналасқан модельде қабылданған қазбада геологиялық бұзылыстан сілем тұтастығының бұзылысы және тікбұрышты қима қазбасының сол жақ шетіндегі төбе бөлігінде ГДҚ-ның ықтимал көрінісі болуы мүмкін екендігін көрсетті.

4. Соңғы элементтер әдісінде (СЭӘ) бағытталған MATLAB ортасының әмбебап бағдарламалық кешені пайдаланушы орнатқан кез-келген модель параметрлерінің өзгеруімен туындаған мәселені зерттеуге мүмкіндік береді, бұл геомеханикада өте маңызды.

3 ҚАРАҒАНДЫ БАССЕЙІНІНІН ШАХТАЛАРЫНДА ГЕОЛОГИЯЛЫҚ БҰЗЫЛЫСТАРЫНЫҢ ГЕО-ГАЗДИНАМИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫҢ ПАЙДА БОЛУЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

3.1 Бастапқы деректер және кенеттен лақтырылысты моделдеудің есептік схемасы

Көмір мен газдың кенеттен лақтырылыстар ошағының қалыптасуына геологиялық бұзылыстар байланысы әсерінің жоғарыда баяндалған әдіснамасы «... каталогында» №34 нөмірмен тіркелген «Қарағандауголь» БК «Саранская» шахтасында 2011 жылы өткен іс жүзіндегі лақтырылыс мысалында оның нәтижелерінің сәйкестігін тексеру үшін пайдаланылды [24].

Көмір мен газдың кенеттен шығуы K_{12} қабаты бойынша Батыс тасымалдаушы жолын жүргізу кезінде орын алды.

Тау-кен-геологиялық шарттар және қазба жүргізудің басқа да параметрлері келесідей:

- тереңдігі $H=382\text{м}$;
- лақтырылыс орнындағы қойнауқаттың қуаты $m=5,5\text{ м}$;
- тікелей төбе: қуаты 6,0 м сызатты аргиллит, қуаты 7,5 м алевролит, қуаты 3,0 м құмдақ. Қойнауқаттың құлау бұрышы 14° , табиғи газдылық $X=12,8\text{ м}^3/\text{т}$; ұшпа шығысы $V=26,3\%$; ылғалдылық $W=2,73\%$.

Лақтырылыстар орнындағы геологиялық бұзылыстар: амплитудасы 0,5 м және ығысу; «оңтүстік-батыс – солтүстік-шығыс» бағдары; қорғаныс қойнауқаты— «Төрт футты» K_{14} жұмыс істеп тұрған қойнауқат, 130 м қабат аралығы. ЖТКҚ аймақтары жоқ.

Тікелей төбе жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттері 3.1-кестеде келтірілген.

3.1 –кесте. Тікелей төбе жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттері

Литологиялық айырмасы	Бір оське сығылуға уақытша кедергі, $\sigma_{сж}$, МПа	Созылуға уақытша кедергі σ_p , МПа	Көлемді салмағы, γ , кг/м ³	Серпімділік модулі, E , МПа	Ілінісу, K , МПа	Ішкі үйкеліс бұрышы, φ°
Құмдақ	43	7,2	2550	$1,5 \cdot 10^4$	95	33
Алевролит	37	5,3	2140	$1,05 \cdot 10^4$	70	32
Аргиллит	24	4,1	2320	$0,4 \cdot 10^4$	55	36
Көмір	20	3,1	1450	$0,5 \cdot 10^4$	26	35

Сілемнің физикалық-механикалық қасиеттерінің жеке айырмаларының қуаты бойынша орташа өлшенген көрсеткіштері:

- бір осьті сығуға уақытша кедергі $\sigma_{\text{ср.взв}}^{\text{сж}} = 30 \text{ МПа}$;
- созылудың уақытша кедергісі $\sigma_{\text{р}}^{\text{ср.взв}} = 4,7 \text{ МПа}$;
- көлемді салмағы $\gamma_{\text{ср.взв}} = 2072 \text{ кг/м}^3 (2,072 \cdot 10^{-2} \text{ МН/м}^3)$;
- серпімділік модулі $E_{\text{ср.взв}} = 0,78 \cdot 10^{-4} \text{ МПа}$;
- ішкі үйкеліс бұрышы $\varphi_{\text{ср.взв}} = 34^\circ$;
- ілінісу $K_{\text{ср.взв}} = 57 \text{ МПа}$.

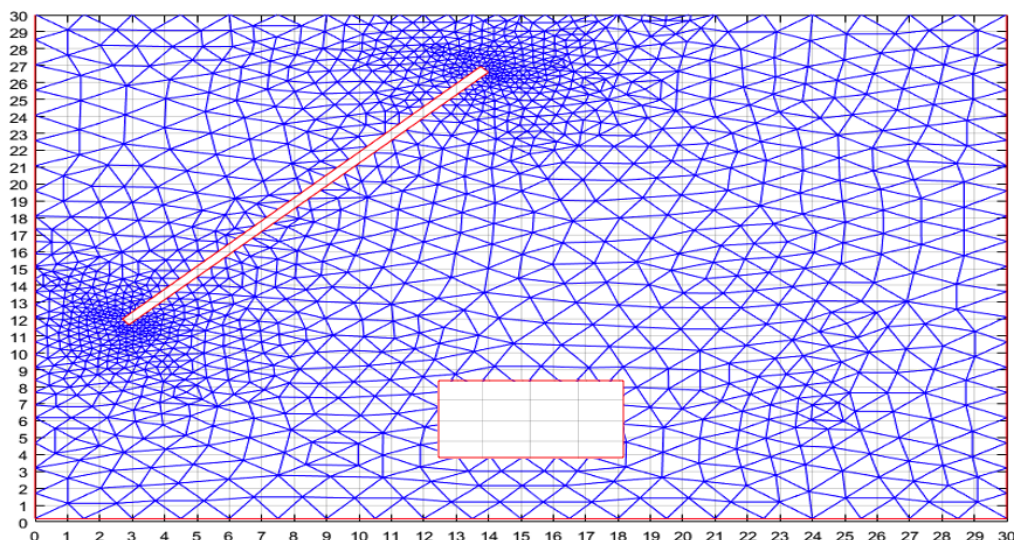
Бұзылыс алмастырғышының жазықтық қимасы ені шамамен 0,1 м, ұзындығы 20 м тікбұрышты саңылау түрінде модельденді.

Қазба келесі өлшемдермен K_{12} лақтырылыстары қауіпті қабат бойынша жүргізілді:

- қима – трапеция;
- биіктігі 4 м;
- төбе бойынша ені 3 м;
- топырағы бойынша ені 5 м;
- қазбаның сол жақ жоғарғы бұрышынан саңылаудың шетіне дейінгі қалыпты саңылауға (орын ауыстырушы жазықтығының моделі) дейінгі қашықтық 11,5 м;
- саңылаудың көмір қабатының созылу бағытына қарай еңкею бұрышы 50° .

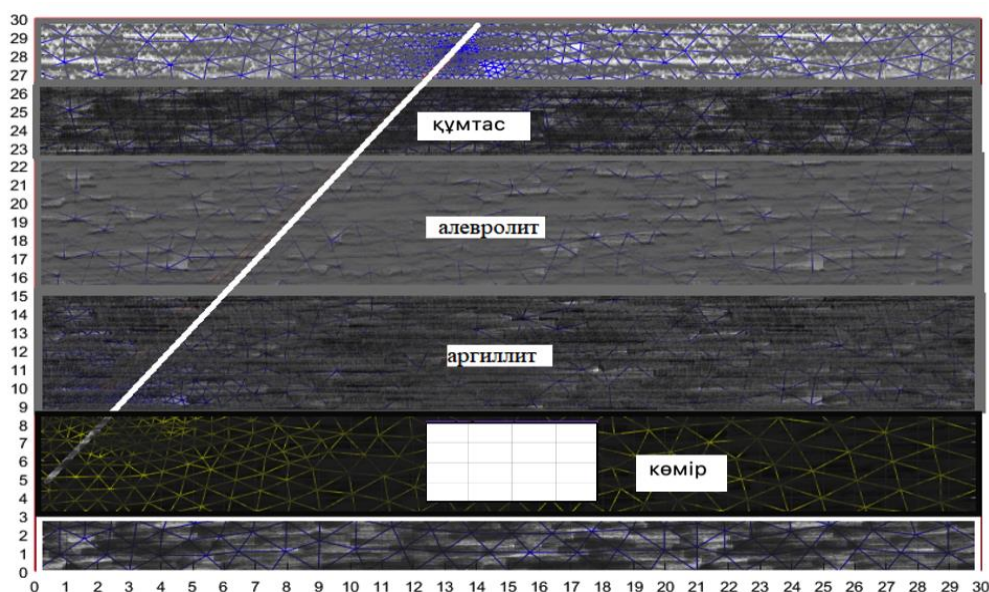
Қазба периметрінің айналасындағы сілемнің кернеулі-деформацияланған күйінің көрсеткіштері MATLAB бағдарламалық пакетінің ортасы арқылы есепті соңғы элементтердің сандық әдісімен шешу арқылы анықталды (есептелді).

Үшбұрышты соңғы элементтерді қолдана отырып, қазба мен бұзылыс моделінің (саңылаулардың) өзара орналасуымен есептеу схемасы 3.1-суретте көрсетілген.



3.1 – сурет. СЭЭ бойынша №34 лақтырылыс моделдеудің есептік схемасы

3.2-суретте жүргізілген қазбаның орналасуымен және үзілісті геологиялық бұзылысты бағдарлау мен сілемнің литологиялық құрылымы көрсетілген.



3.2 – сурет. Қазба жүргізу ауданы мен үзілісті геологиялық бұзылыс сілемінің литологиялық құрылымы

3.2 Қазбалар айналасындағы және геологиялық бұзылыстар аймағындағы кернеу өрістерін сандық моделдеу және зерттеу

Қазба жүргізу және үзілісті тектоникалық бұзылыс ауданындағы көміржынысты сілемнің кернеулі-деформацияланған күйін сандық моделдеу, нәтижелерді өңдеу MATLAB пакетінің бағдарламалық ортасында келесі мақсатпен орындалған [80];

- сілемнің нақты физикалық-механикалық қасиеттерімен және шекаралық шарттарымен геологиялық бұзылысты математикалық моделі – саңылау мен қазба айналасында негізгі қалыпты кернеулердің, көлденең және жанама кернеулердің сандық мәндерін есептеу;

- кернеулердің сандық шамасының нәтижелерін өңдеу, қазба және геологиялық бұзылыс моделі – саңылау айналасындағы ерікті нүктелерде кернеулерді есептеу мүмкіндігі үшін оларды жеткілікті ретте көпмүшелермен жуықтау;

- қазба контурлары және келесі талдау үшін геологиялық бұзылыс жазықтығының қимасы бойынша кернеулерді тарату графиктерін құру;

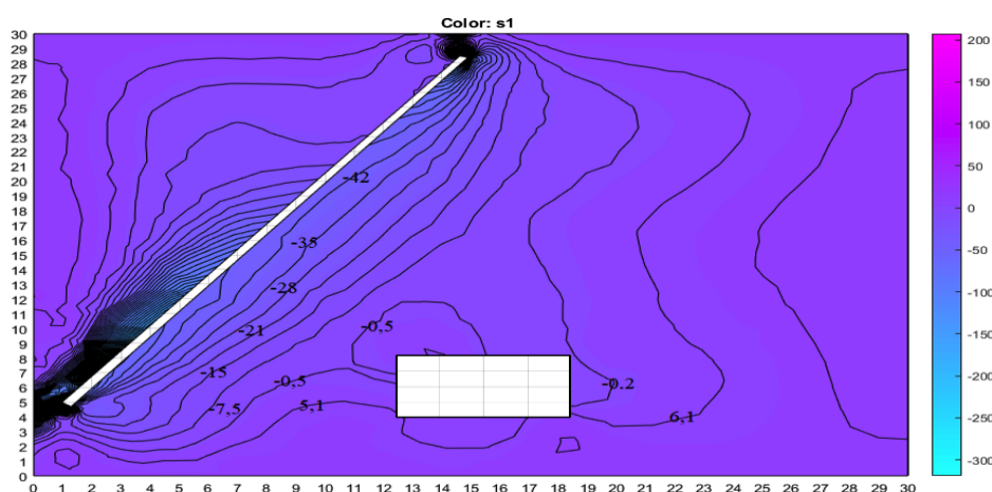
- сандық моделдеу нәтижелерін қарастырылып отырған газдинамикалық құбылыстың сипаты мен себептерін зерттеу бойынша табиғи деректермен салыстыру.

Сілемнің әрқелкі компонентті көлемді кернеу күйі негізгі кернеулер арасындағы қатынастармен модельденді

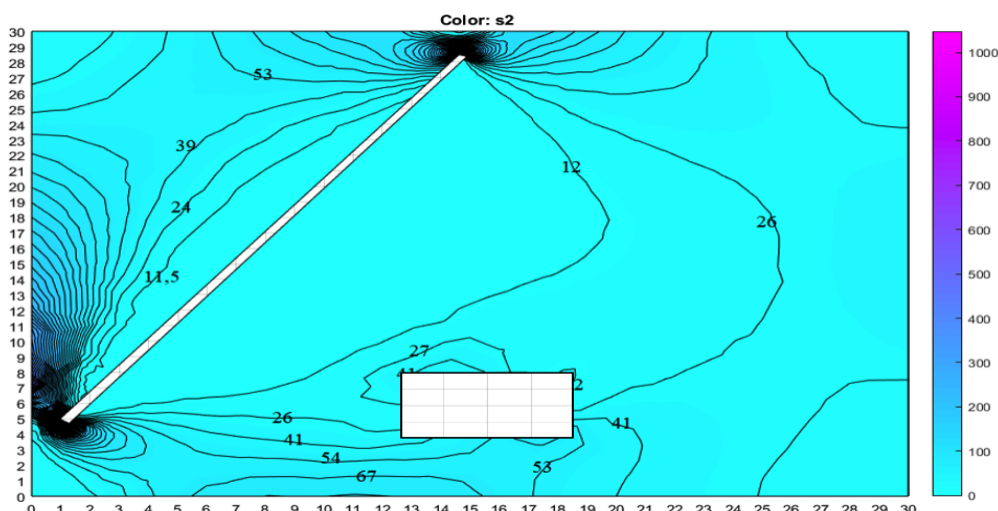
$$\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3. \quad (3.1)$$

Кернеуді моделдеу және есептеу MATLAB пакеті ортасында StructuralMechanicsPlaneStress (құрылыс механикасы – жазық кернеулі күйі) модулін қолдану арқылы жүзеге асырылды [76]. Ортаның талаптарына сәйкес Нейманның шекаралық шарттары келесідей берілген – сілемнің қарастырылып отырған бөлігінің жоғарғы және төменгі шекараларында $P = \pm \gamma \cdot H = (\pm 11,9 \text{ МПа})$; бүйірлік керу коэффициентінде $\lambda = 1,56$ сілемнің сол және оң жағындағы бүйірлік қысым, сәйкесінше $P_{\text{бок}} = \mp 18,6 \text{ МПа}$.

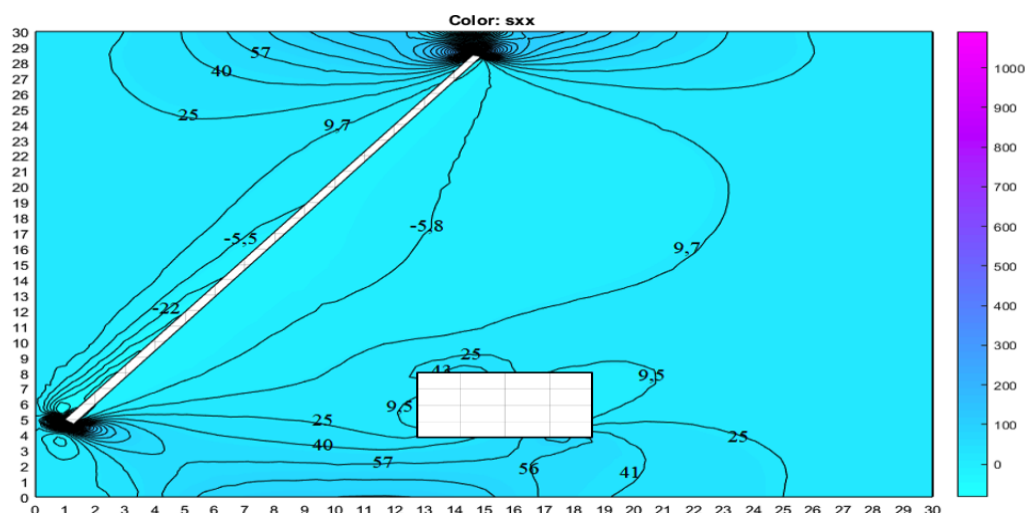
3.3 – 3.6-суреттерде бірінші негізгі кернеулердің σ_1 , екінші негізгі кернеулердің σ_2 , көлденең кернеулердің σ_x және жанама кернеулердің τ графикалық өрістері келтірілген.



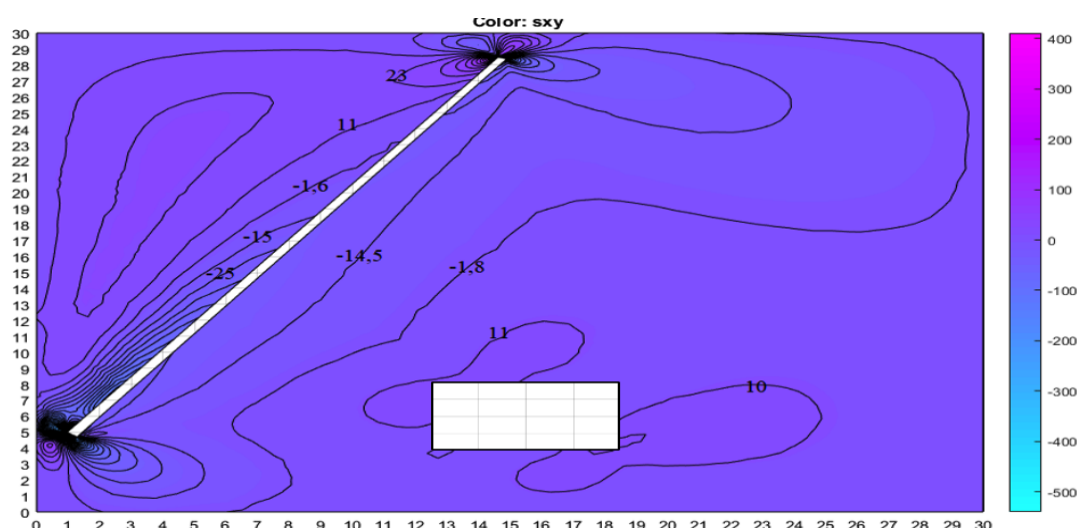
3.3 –сурет. Бірінші негізгі кернеулердің изосызықтардың графикалық өрісі σ_1



3.4 –сурет. Екінші негізгі кернеулердің изосызықтардың графикалық өрісі σ_2



3.5 –сурет. Көлденең кернеулердің изосызықтардың графикалық өрісі σ_x



3.6 -сурет. Жанама кернеулерінің изосызықтарының графикалық өрісі τ

Изосызықтардың графикалық өрістері сілем моделінің жазықтығындағы кез-келген нүктеде кернеудің сандық мәндерін келесі талдау үшін анықтауға мүмкіндік береді. 3.2–3.5 - кестелерде төбеде, шеттерде және қазба топырағында белгілі бір қашықтықтар арқылы есептелген кернеулердің сандық мәндері, ал 3.6-кестеде – бұзылыс – саңылаулар «табанындағы» кернеулер.

3.2–кесте. Қазбаның төбесіндегі кернеулердің есептік мәндері

Негізгі кернеулер	Төбенің сол жақ шетінен қашықтығы, м								
	0	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
σ_1 , МПа	7,5	6,3	5,1	2,5	-0,2	-2,7	-4,3	-6,4	
σ_2 , МПа	50	48	46	43	37	31	25	17	
σ_x , МПа	34	32	30	33	33	26	21	15	
τ , МПа	20	18	17	16	15	12	9	6	

3.3–кесте. Қазбаның сол жақ беткейі бойынша кернеулердің есептік мәндері

Негізгі кернеулер	Топырақтан қашықтығы, м								
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
σ_1 , МПа	5,4	3,5	2,5	0,7	-0,6	-0,13	1,6	4,3	7,5
σ_2 , МПа	31,5	23,7	19,2	23,2	27	36	45	47	50
σ_x , МПа	10	7	2,5	3,6	4,6	9,2	12	25	34
τ , МПа	0,5	3,6	5,4	11	13	15	17	19	20

3.4–кесте. Қазбаның оң жақ беткейі бойынша кернеудің есептік мәндері

Негізгі кернеулер	Топырақтан қашықтығы, м								
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
σ_1 , МПа	10	3,0	-2,7	-6,4	-8,0	-8,8	-9,2	-8,3	-6,4
σ_2 , МПа	71	56	40	24	16	12	8	10	17
σ_x , МПа	54	32	14	7	2,5	1,6	3	8	15
τ , МПа	24	22	19	15	9	7	6,5	6	6

3.5 –кесте. Қазба топырағы бойынша кернеудің есептік мәндері

Негізгі кернеулер	Топырақтың сол жақ шетінен қашықтығы, м										
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
σ_1 , МПа	5,4	4,0	3,0	2,3	2,2	2,2	3,0	4,3	6,0	8,8	10
σ_2 , МПа	32	36	41	44	48	52	60	66	69	70	71
σ_x , МПа	30	37	41	44	48	53	59	64	65	59	54
τ , МПа	0,5	1,5	2,6	4,1	6,3	8,5	12	15	18	20	24

3.6 –кесте. Саңылау «табаны» бойынша кернеудің есептік мәндері

Негізгі кернеулер	Сол шетінен қашықтығы, м										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
σ_1 , МПа	2,7	-62	-58	-52	-51	-48	-45	-43	-45	-50	-61
σ_2 , МПа	30	0,5	0,2	0,2	0,8	0,4	0,1	0,06	0,01	0,005	0,8
σ_x , МПа	-24	-16	-15	-13	-13	-12	-11	-11	-13	-18	-22
τ , МПа	-50	-28	-26	-23	-23	-21	-20	-22	-28	-32	-62

Кестелерге ескертулер:

1. Қолданыстағы кернеулердің белгілері:

σ_1 – бірінші негізгі кернеу;

σ_2 - екінші негізгі кернеу;

σ_x - көлденең кернеу;

τ -жанама кернеу;

2. Кернеу белгілері:

«-» сығылуға сәйкес келеді;
«+» созылуға сәйкес келеді.

Кестелерде келтірілген кернеулердің сандық мәндеріне сәйкес, 3.7-кестеде сандық моделдеу нәтижелерін математикалық-статистикалық өңдеумен алынған белсенді кернеулер үшін жуықтаушы көп мүшелердің аналитикалық өрнектері келтірілген.

Жуықтаушы көпмүшелердің аналитикалық өрнектері қазба төбесі бойынша, шеттері мен топырағы бойынша, сондай-ақ бұзылыс-саңылау «табаны» бойынша кернеулерді тарату кестелерінің кернеулерін есептеуге және құруға мүмкіндік береді.

3.7–кесте. Белсенді кернеулер үшін жуықтаушы көпмүшелердің аналитикалық өрнектері

Кернеу түрі, МПа	Бел гіле нуі	Статистикалық тәуелділіктің аналитикалық өрнегі	Байлан ыстығы здығын бағалау R^2
Қазба төбесі бойынша			
Бірінші негізгі кернеу	σ_1	$P11 = 0,1556 \cdot S_1^3 - 0,3714 \cdot S_1^2 - 4,901 \cdot S_1 + 7,55$	0,999
Екінші негізгі кернеу	σ_2	$P12 = 0,2222 \cdot S_1^3 - 2,524 \cdot S_1^2 - 5,317 \cdot S_1 + 49,9$	0,997
Көлденең кернеу	σ_x	$P13 = -2,333 \cdot S_1^2 - 0,7857 \cdot S_1 + 33,7$	0,998
Жанама кернеу	τ	$P14 = -0,5714 \cdot S_1^2 + 1,714 \cdot S_1 + 19,6$	0,990
Қазбаның сол жақ шеті бойынша			
Бірінші негізгі кернеу	σ_1	$P21 = 0,2736 \cdot S_2^3 - 0,0014 \cdot S_2^2 - 3,804 \cdot S_2 + 5,48$	0,984
Екінші негізгі кернеу	σ_2	$P22 = -2,39 \cdot S_2^3 + 17,43 \cdot S_2^2 - 27,1 \cdot S_2 + 32$	0,991
Көлденең кернеу	σ_x	$P23 = -1,716 \cdot S_2^3 + 17,2 \cdot S_2^2 - 40,2 \cdot S_2 + 28,8$	0,985
Жанама кернеу	τ	$P24 = -0,645 \cdot S_2^2 + 9,627 \cdot S_2 + 0,013$	0,990
Қазбаның оң жақ шеті бойынша			
Бірінші негізгі кернеу	σ_1	$P31 = -0,299 \cdot S_2^3 - 4,293 \cdot S_2^2 - 1,653 \cdot S_2 + 10$	0,999

3.7–кестесінің жалғасы

Екінші негізгі кернеу	σ_2	$P32 = 0,606 \cdot S_2^3 + 3,333 \cdot S_2^2 - 36,73 \cdot S_2 + 72$	0,997
Көлденең кернеу	σ_x	$P33 = 8,138 \cdot S_2^2 - 41,1 \cdot S_2 + 51,2$	0,983
Жанама кернеу	τ	$P34 = 0,6364 \cdot S_2^3 - 2,7 \cdot S_2^2 - 3,81 \cdot S_2 + 24,3$	0,986
Қазба топырағы бойынша			
Бірінші негізгі кернеу	σ_1	$P41 = -0,022 \cdot S_4^3 + 1,051 \cdot S_4^2 - 3,731 \cdot S_4 + 5,54$	0,987
Екінші негізгі кернеу	σ_2	$P42 = -0,569 \cdot S_3^3 + 4,02 \cdot S_3^2 + 2,175 \cdot S_3 + 33,2$	0,990
Көлденең кернеу	σ_x	$P43 = -0,8609 \cdot S_3^3 + 4,541 \cdot S_3^2 + 3,287 \cdot S_3 + 32$	0,975
Саңылау «табаны» бойынша			
Бірінші негізгі кернеу	σ_1	$P51 = 0,00424 \cdot S_4^4 - 0,2272 \cdot S_4^3 + 4 \cdot S_4^2 - 26 \cdot S_4 - 1,9$	0,971
Екінші негізгі кернеу	σ_2	$P52 = 0,00013 \cdot S_4^4 - 0,0071 \cdot S_4^3 + 0,131 \cdot S_4^2 - 0,98 \cdot S_4 + 2,964$	0,986
Көлденең кернеу	σ_x	$P53 = -0,00112 \cdot S_4^3 - 0,07896 \cdot S_4^2 + 2,057 \cdot S_4 - 22,3$	0,922
Жанама кернеу	τ	$P54 = -0,006886 \cdot S_4^3 - 0,066 \cdot S_4^2 + 4,2 \cdot S_4 - 44$	0,861

Кестедегі қашықтықтарды белгілеуге ескерту:

S_1 – қазбаның төбесі бойынша сол жақ шетінен қашықтық, м;

S_2 – қазба шет жақтары бойынша биіктігі бойынша топырақтан қашықтық, м;

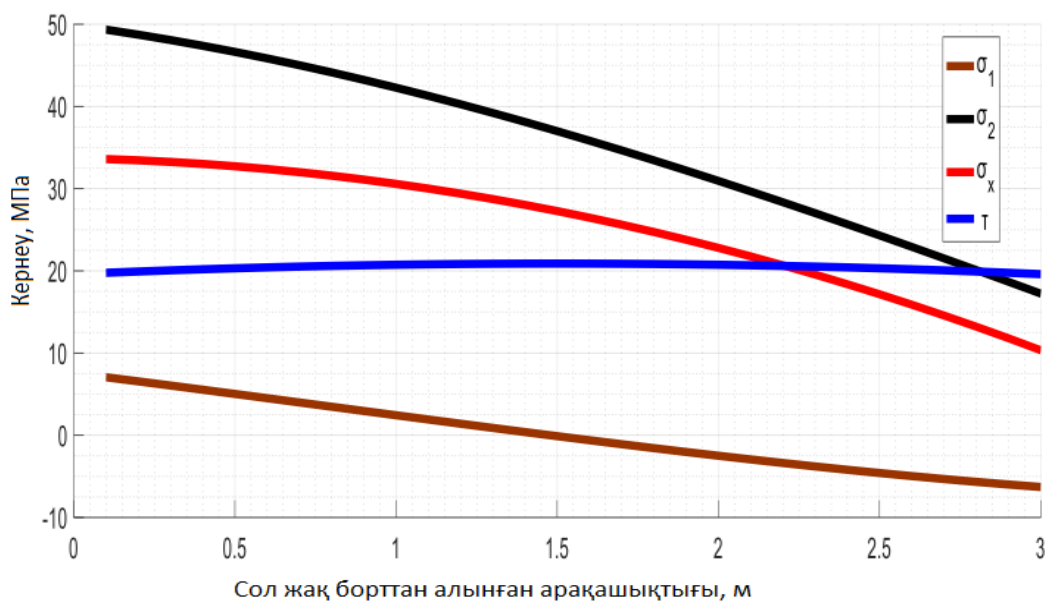
S_3 – қазбаның топырағы бойынша сол жақ шетінен қашықтық, м;

S_4 – бұзылыс-саңылау бойымен төменгі шекарадан қашықтық, м.

Төменде 3.7–3.11 суреттерінде қазба контуры бойынша және бұзылыс моделі – саңылау «табаны» бойынша негізгі σ_1 , σ_2 , көлденең σ_x және жанама кернеулердің өзгеру сипатын графикалық визуалдау көрсетілген. Қойылған міндетке сәйкес бұзылыс жағына бағытталған үзілісті геологиялық бұзылыс арасында көмір жынысты сілем облысын зерттеу қажет.

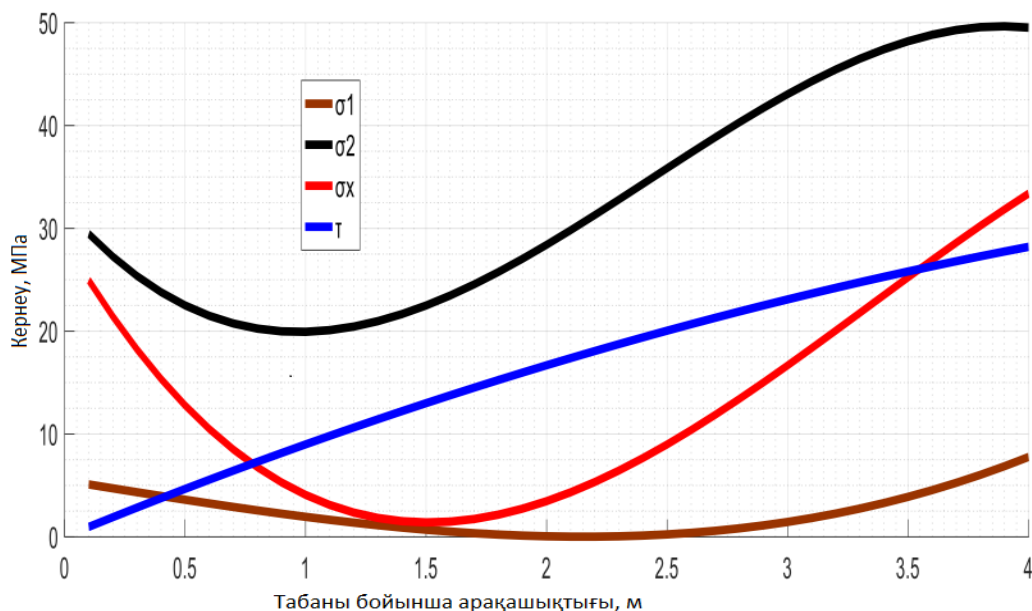
Графиктерде кернеу белгілерінің оң мәндері сілемде созылу әрекеттеріне, ал теріс – сығу әрекеттеріне сәйкес келетінін атап өту қажет.

Ұсынылған графиктерде көріп отырғанымыздай, қазба төбесі бойынша (3.7-сурет) ең үлкен созушы кернеу сол жақ шетінде, ал бірінші негізгі кернеу σ_1 төбе ортасынан бастап, сығушы болады.



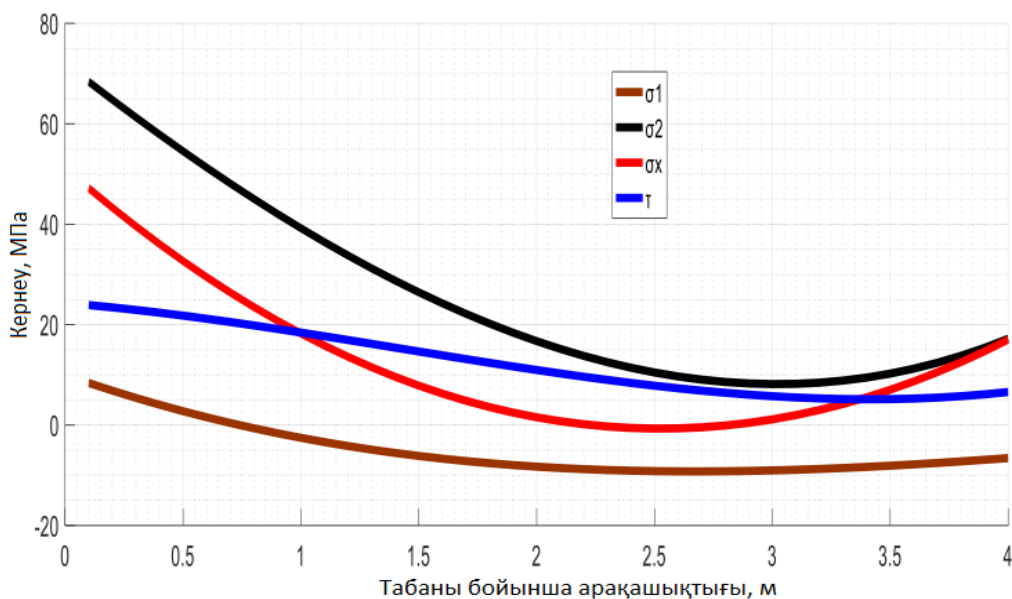
3.7 – сурет. Қазба төбесінің ені бойынша кернеудің таралуы

Сол жақ беткей бойынша (3.8-сурет) барлық кернеулер қазбаның төбесіне ең үлкен мәнге жететін беткейдің биіктігі бойынша ауыспалы шамамен созғыш сипатқа ие. Сол жақ шеті бойынша (3.8-сурет) барлық кернеулердің қазба төбесінде аса үлкен мәндерге жететін жақтардың биіктігі бойынша айнымалы шамасымен созғыш сипаты бар.



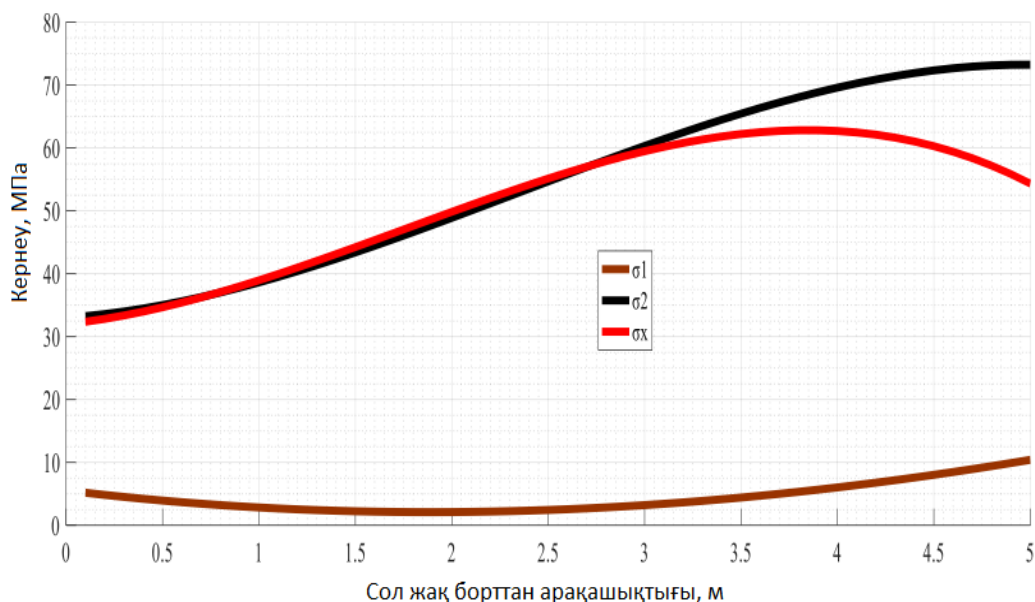
3.8 – сурет. Қазбаның сол жақ шеті бойынша кернеудің таралуы

Оң жақ шеті бойынша (3.9-сурет), керісінше – ең көп созушы кернеулер қазба табанында әрекет етеді, тек бірінші негізгі кернеу σ_1 біртіндеп елеусіз созушы кернеуге өтеді.



3.9 – сурет. Қазбаның оң жақ шеті бойынша кернеулердің таралуы

Қазба табанында (3.10-сурет) іс жүзінде жанама кернеулер жоқ, ал негізгі және көлденең кернеудің тек созғыш сипаты болады.

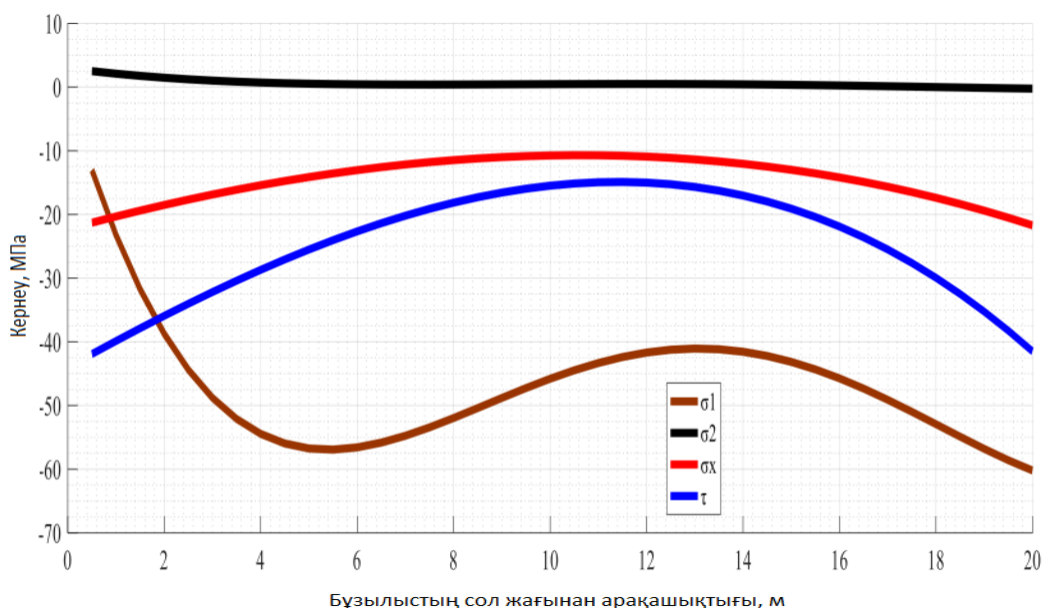


3.10 – сурет. Қазба табаны бойынша кернеулердің таралуы

Қазба бағытында аймақтағы, яғни, алмастырғыш жазықтығының қимасын модельдейтін саңылау «табанындағы» үзілісті бұзылыстан туындайтын

кернеулердің сипаты мен мәнінің маңызы зор. Графиктер (3.11–сурет) және изосызықтар (3.3-3.6-суреттер) бойынша моделдеу нәтижелері көрсеткендей, бірінші негізгі кернеулер, көлденең және жанама кернеулер сығушы сипатқа, тек екінші негізгі кернеулер – созушы сипатқа ие.

Сілемде әрекет ететін кернеулер, олардың сипаты мен шамалары сілемнің тұрақтылық күйін, оның бұзылыс дәрежесін жеке-жеке анықтамайды. Олар сілемнің литологиялық құрамын, құрылымдық ерекшеліктерін, блоктылығын (жарықшақтылығын), ылғалдылығын және т.б. ескеретін беріктік және өзге де көрсеткіштерімен сәйкес болуы керек. Бұл сілем беріктігінің (немесе бұзылмаушылығының) белгілі бір теориясының (гипотезасының) негізін құрайды.



3.11 – сурет. Бұзылыс саңылауының «табаны» бойынша кернеулердің таралуы

3.3 Сілемнің кернеулі-деформацияланған күйін сандық моделдеу нәтижелері негізінде лақтырылыс мүмкіндіктерін болжау

Қазбаның контурына жақын сілем тұтастығының бұзылысын және соның салдарынан сілемнің кернеулі-деформацияланған күйінің (және газ қысымының) өзгеруі әсерінен гео-газдинамикалық құбылыстың көріну мүмкіндігін талдау үшін тау жыныстары механикасы беріктігінің белгілі бір теориясын (немесе гипотезасын) қабылдау қажет.

Көмірлі таужыныс сілемі негізінен шөгінді жыныстардан түзіледі және қатпарлығына, жан-жаққа таралған жарықшақтылығына, табиғи кливажға және т.б. негізделген анизотропты беріктік пен серпімді сипаттамаларға ие. Соңғысы босаңсу беттерінің түзілуіне әкеледі, олардың физикалық және механикалық қасиеттері сілемнің негізгі литологиялық түрлеріне қарағанда әлдеқайда төмен.

Таужыныстарының механикасы және бұзылысы бойынша танымал жұмыстардың авторы [79] «қазба маңайында қалыптасқан әр түрлі жағдайларда кернеу өрістерінің әрекетімен Кулон-Мораның бұзылыс критерийіне сәйкес негізгі жыныс бойынша және Мора-Кузнецов критерийіне сәйкес олардың белгілі бағдары кезінде босаңсу беттері бойынша бұзылысы мүмкін» деп санайды.

Әдетте, зерттелетін тау сілемінің геологиясы мен күйі туралы белгілі ақпарат негізінде босаңсу беттерінің бағдарлауының және сонымен бірге, оларда беріктік сипаттамаларының сандық өзгеруінің болуын анықтау қиынға соғады.

Осының салдарында, таужыныстарының шекті күйінің шарттарын сипаттау үшін Кулон-Мора критерийі қолданылады (2.17-2.19).

Таужыныстарының бұзылысына әртүрлі беріктік критерийлері карьерлер мен үйінділер беткейінің беріктігіне қатысты [81] жұмыста талданады. Авторлар таужыныстарының беріктігі тек физика-механикалық жыныстардың сандық көрсеткіштеріне ғана емес, сонымен қатар $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ негізгі кернеулердің қатынасына да байланысты екендігіне негізделеді. Зерттеулерде Мора гипотезасына сәйкес, шамасы бойынша аралық кернеу σ_2 , таужыныстарының бұзылысына аз әсер ететіні белгіленген.

Көмір кен орындары үшін ең көп таралған сілемнің серпімді-пластикалық күйін зерттеу және математикалық моделдеу кезінде негізгі кернеулердің тік сызықты орай жанаушы шекті шеңберлерінің Мораның беріктік критерийі қолданылады [83]. $\sigma_2 = \sigma_3$ шартын ескере отырып, авторлар [81] Мора критерийі келесі түрде ұсынылады

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_3} = \frac{2 \cdot K \cdot \cos \varphi}{\sigma_3 (1 - \sin \varphi)} + \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}. \quad (3.2)$$

немесе тең мағыналы

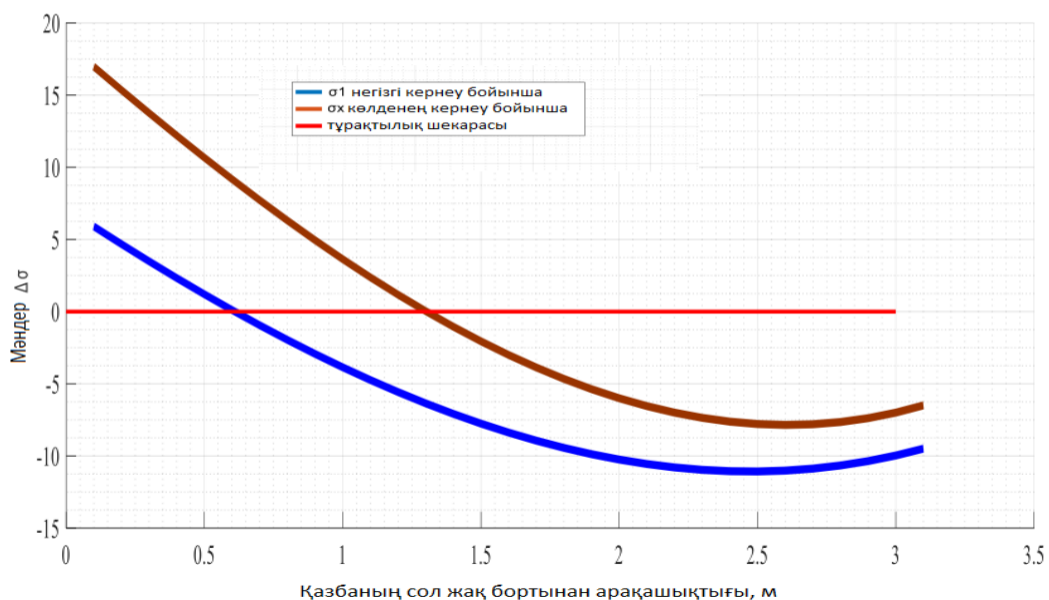
$$\sigma_1 = \frac{2 \cdot K \cdot \cos \varphi}{(1 - \sin \varphi)} + \vartheta \cdot \sigma_3 \quad (3.3)$$

Сілемде негізгі кернеулердің әсерінен тұтастықтың бұзылыс аймақтарының қалыптасуды және кенеттен лақтырылу жағдайларын қалыптастыру мүмкіндігін одан әрі зерттеу үшін (3.3) және (2.24) беріктік критерийлері тиісінше келесі айырма түрінде ұсынылады

$$\Delta \sigma_1 = \sigma_1 - (\vartheta \cdot \sigma_2 + \sigma_c) \quad (3.4)$$

$$\Delta \sigma_2 = \sigma_1 - \left(\frac{2 \cdot K \cdot \cos \varphi}{(1 - \sin \varphi)} + \vartheta \cdot \sigma_3 \right). \quad (3.5)$$

Алдында айтып өткендей, егер $\Delta\sigma_1 > 0$, $\Delta\sigma_2 > 0$ болса, яғни әрекет ететін негізгі қалыпты кернеу σ_1 таужыныстарының бұзылысына беріктік кедергісінен үлкен болса, онда бұл сілем аймағы Н.В. Черданцевтің терминологиясына сәйкес [79], сілемнің тұтастығының бұзылыс аймағы, ал біздің зерттеулеріміз бойынша гео-газдинамикалық құбылыс ошағын қалыптастырудың ықтимал аймағы болып табылады.



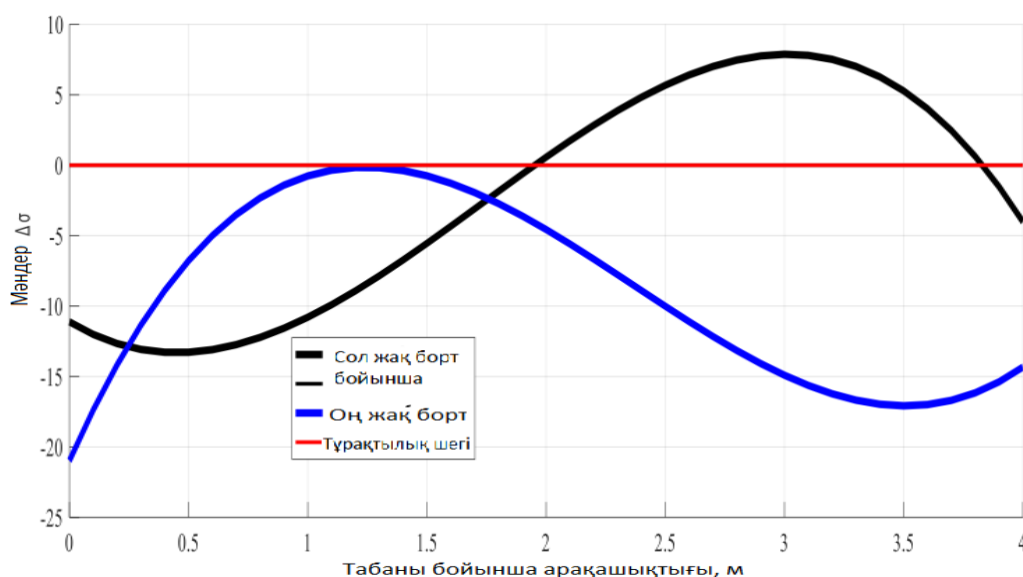
3.12 – сурет. Төбедегі $\Delta\sigma$ шамасының негізгі кернеу σ_1 бойынша және көлденең кернеу σ_x бойынша таңбасының өзгеруі

Бұрын шығарылған барлық әрекеттегі кернеулердің аналитикалық өрнектерін қолдана отырып, 3.12–3.15 суреттерінде келтірілген (3.7) және (3.8) критерийлерді біріктіретін $\Delta\sigma$ шамасының сыни мәнінің өзгеру графигі салынған. Сілемнің бұзылысқа орнықтылығы шекарасының нөлдік сызығына қатысты график сызықтарының орналасуын талдау гео-газдинамикалық құбылыстар бойынша қауіпті сілемнің тұтастығы бұзылыс аймақтардың (облыстардың) қалыптасу орындары туралы белгілі бір болжамды мәлімдемелер жасауға мүмкіндік береді.

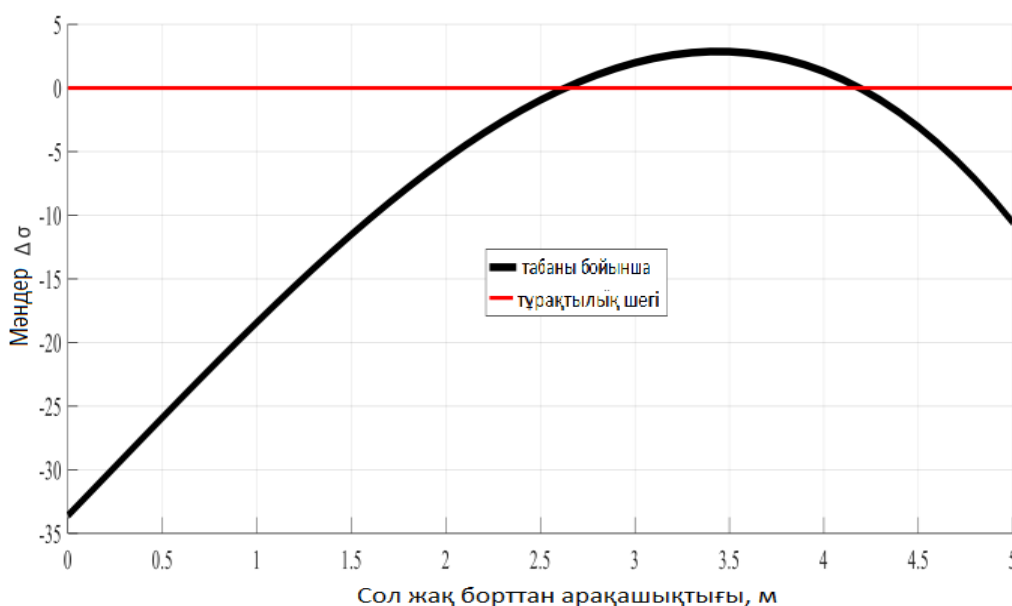
Қазба төбесінде (3.12-сурет) мұндай аймақтар: негізгі кернеумен σ_1 сол жақ беткейден 0,6 м дейінгі қашықтықта, ал көлденең кернеумен -шамамен 1,3 м қашықтықта болжанады. Бұл аймақта көлденең созғыш кернеулер γH -тен $2,9 \div 1,7$ есе жоғары екенін айта кету керек. Сондай-ақ, таужыныстары сығудан гөрі созылу жүктемелеріне нашар қарсылық көрсететінін де ескеру қажет.

Қазбаның сол жақ беткейі бойынша (3.13-сурет) тұтастықтың бұзылыс аймағы топырақтан шамамен 2 м биіктікте, яғни биіктіктің жартысынан қалыптасады. Оң жақ беткейде қауіпті сыни аймақ сілем шекті тепе-теңдік күйінде болатын сол жақ беткейден 1,2-1,4 м қашықтықта көрінуі мүмкін.

Қазба табанында (3.14-сурет), бұзылыс кернеуінен сәл асып кететін, шамамен 1,5 м шамалы ұзындықтағы контурмандықсілемнің бұзылыстар аймағының көрінуі мүмкін.

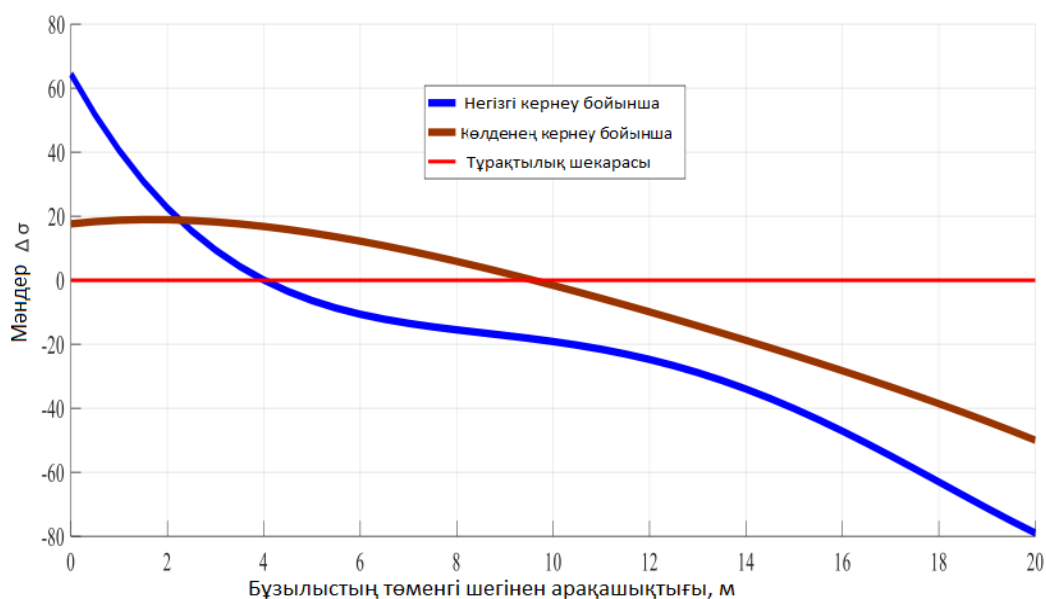


3.13 – сурет. $\Delta\sigma$ шамасының қазба беткейлері бойынша таңбасының өзгеруі



3.14 – сурет. $\Delta\sigma$ шамасының қазба табаны бойынша таңбасының өзгеруі

Бұзылыс саңылауларының «табанында» орналасқан сілемде (3.15-сурет) негізгі және көлденең кернеулердің әсерінен сілем тұтастығының бұзылыстар аймағы бұзылыстың төменгі шекарасынан 4-тен 10 метрге дейінгі қашықтықта қалыптасады.



3.15 – сурет. $\Delta\sigma$ шамасының бұзылыс саңылауының «табаны» бойынша таңбасының өзгеруі

(3.2) схема суретінен көріп отырғанымыздай, бұл ығысу түрінде динамикалық құбылыстардың көрінуі мүмкін контур жағында қазбаның сол беткейіне жақын бағдарланған.

Келесілерді атап өту керек: 3.3-3.4-суреттерде қазбадан және бұзылыстан тұтастықтың бұзылыс аймақтары негізгі кернеулердің графикалық өрістерінен кернеулердің бірдей таңбасымен қосылатыны көрінеді. Көлденең кернеулер – бұзылыстан сығылатын және қазбадан созылатын. Екі аталған жағдайлар сілемнің беріктігінің бұзылыс аймағын және нәтижесінде динамикалық құбылыстардың пайда болу мүмкіндіктерін қалыптастыруға ықпал етеді.

3-тарау бойынша тұжырымдар

1. Үзілісті геологиялық бұзылыстардан туындаған кернеу өрістері және жүргізілген қазбадан кернеу өрістері газдинамикалық құбылыстар бойынша ықтимал қауіпті сілем тұтастығының бұзылыс аймақтарын бірлесіп анықтайды.

2. Шахтада болған газдинамикалық құбылыс жағдайлары бойынша сандық моделдеу нәтижелері ұсынылған әдістеменің жұмыс қабілеттілігін және оны жарылысты геологиялық бұзылыстың жанында қазбаларды ұңғылау кезінде газдинамикалық құбылыстарды болжау үшін пайдалану мүмкіндігін көрсетті.

3. СЭӘ сандық моделіндегі зерттеулер көрсеткендей, модельде дизъюнктивті геологиялық бұзылыстан өндірістің жақын орналасуында сілемнің тұтастығы бұзылысы мүмкін және тікбұрышты қиманың қазба қимасының сол жақ жиегінде ГДҚ пайда болуы мүмкін.

4 КӨМІР МЕН ГАЗДЫҢ КЕНЕТТЕН ЛАҚТЫРЫЛУЫН БОЛДЫРМАУ ҮШІН ШАРАЛАРДЫ ӘЗІРЛЕУ ЖӨНІНДЕГІ ҰСЫНЫМДАР

4.1. Тектоникалық бұзылыстың дислокациясын және оның қазбаның кенжарына қатысты өзара орналасуын болжаудың геофизикалық тәсілдері

Геологиялық бұзылыстармен ұштасқан қауіпті аймақтар жылжытқыштың жанында әлсіреген, қарқынды жарықшақты сыйымды жыныстар мен көмірдің болуымен негізделген, бұл тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде қосымша қауіпсіздік шараларын қабылдау қажеттілігін тудырады [35]. Сондықтан шекаралары қауіпті аймақтың шекарасы болатын тектоникалық бұзылыстың әсер ету аймағын болжау маңызды [26].

Тектоникалық бұзылыс аймақтарына қойнауқаттың тұтастығы үзілген және беріктік көрсеткіштері төмендетілген жарықшақты және әлсіреген бүйір жыныстары бар учаскелер жатады. Геологиялық барлау кезеңінде тектоникалық бұзылыстар ұңғымаларды бұрғылау және геофизикалық әдістер арқылы анықталады.

Әдетте, эксплуатациялық барлау кезінде тау-кен жұмыстарымен ұқсас дислокациялар жиірек ашылады. Болжанбайтын тектоникалық бұзылыстармен кездесу өндірістік қауіпсіздік талаптарының сақталуын қамтамасыз етеді, мысалы: кенжарды тоқтату, тау-кен жұмыстарын жүргізу паспортына толықтырулар жасау, материалдар мен жабдықтарды дайындау. Бұл операциялардың орындалмауы қабат шатырының құлауына, тау соққысына, көмірдің (жыныстың) және газдың кенеттен лақтырылуына, су басқан қазбаларды кесіп өтетін бұзылыс орын алмастырғыштың (езгіленген жыныстардың аймақтары) жоғары сулануына әкелуі мүмкін. Өз кезегінде сақталуы тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде қауіпсіздікті қамтамасыз ететін талаптар тау-кен өндіруші кәсіпорындағы апаттар мен инциденттердің алдын алуға бағытталған. Мұндай жағдайлардың алдын алу үшін тектоникалық бұзылыс аймақтарын анықтау өте маңызды өндірістік міндет болып табылады.

Зерттеулермен осы жұмыста тектоникалық бұзылыстан және тау-кен қазбаларын жүргізу арқылы сілемге технологиялық араласудан созылу кернеулері өрістерінің қабаттасуының (суперпозициясының) анықтаушы әсері анықталды.

Суперпозиция факторы сөзсіз анықтаушы болып табылады, өйткені қолданыстағы нормативтік құжаттар [92] бұзылған аудандардағы тау сілемінің физикалық және геомеханикалық көрсеткіштерін есептеу кезінде k_c эффектінің анықтамасы реттеледі, бұл тау сілемінің жабыспайтын беттермен немесе аз байланыспен (сырғу айналары, жарықтар, сазды қабаттар және т.б.) қосымша бұзылысын ескереді.

Кен қазбалары үшін k_c коэффициентінің мәні 4.1-кестеге сәйкес өндіруге қатысты дизъюнктивті бұзылыстың орналасуына байланысты анықталады.

4.1– кесте. Тау-кен қазбаларына қатысты тектоникалық бұзылыстың орналасқан жерін ескере отырып, k_c мәні

Қазбаның дизъюнктивті бұзылыстан қашықтығы	k_c
Дизъюнктивті бұзылыстар $4 \cdot N$ жоғары қашықтықта (N - бұзылыстардың қалыпты амплитудасы, m), яғни бұзылыстардың әсер ету аймағынан тыс ($5 m$ артық болған кезде N қалыпты амплитудасының шамасына қарамастан $4 \cdot N = 20 m$ қабылдаған жөн)	0,9
Дизъюнктивтік бұзылыстың әсер ету аймағы одан дейінгі қашықтықта $4 \cdot N$ бастап $1 \cdot N$ дейін ($N 5 m$ -ден артық болғанда 20-дан $5 m$ -ге дейін)	0,6
Тікелей дизъюнктивтік бұзылыстарда олардан $1 \cdot N$ кем қашықтықта ($5 m$ -ден артық болғанда $5 m$ -ден кем арақашықтықты қабылдау)	0,3

k_c мәні сондай-ақ 4.2-кестеге сәйкес тау жыныстарының әлсіреу беттері арасындағы орташа қашықтық (құрылымдық блоктар өлшемдері) бойынша инженерлік-геологиялық ізденістер деректері негізінде тау-кен сілемінің бұзылысын сандық талдау деректері бойынша анықтайды.

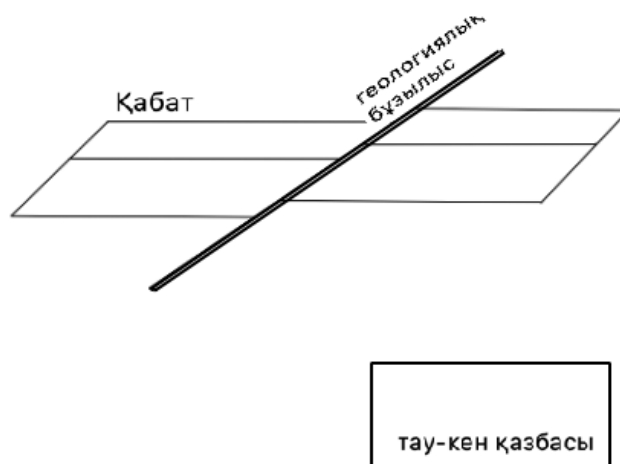
4.2 – кесте. Тау жыныстарының бұзылысын ескере отырып k_c мәні

Тау жыныстарының әлсіреу беттері арасындағы орташа қашықтық, m	Коэффициент k_c
1,5 бастап	0,9
1,5 бастап 1 дейін	0,8
1 бастап 0,5 дейін	0,6
0,5 бастап 0,1 дейін	0,4
Кемінде 0,1	0,2

Тектоникалық бұзылыстың ығыстырушы жазықтығының қазбаға немесе дәлірек оның кенжарына қатысты орналасуы (бағдарлануы) маңызды мәнге ие (4.1-сурет). Егер шахта алаңының жұмыс істелмеген учаскесі шегінде бұзылыстың болуы кез келген белгілі тәсілдермен белгіленсе, келесі кезең (қадам) - оның мөлшерін және орналасуын, жүргізіліп жатқан қазбаға бағдарлануын нақтылау.

Мұны аспаптық әдістермен, мысалы, геологтар кен орнын барлау кезінде қолданатын геофизикалық барлау әдістерімен жасауға болады. Болжамды бұзылыстарды бақылаудың белгілі әдістері бар, мысалы, серпімді толқындардың таралу жылдамдығы, сілемнің көрінетін кедергілерінің өзгеруі, ультрадыбыстық немесе геофизиканың, сейсмиканың басқа әдістері. Үлкен

тереңдік жағдайында, жер бетінен қашықтық қажетті дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік бермесе, оларды жер асты жағдайында жүргізу керек.



4.1 – сурет. Геологиялық бұзылысты жүргізілетін қазбаға қатысты бағдарлау

Ресей ғалымдары әзірлеген [28] көмір мен көмір сыйымды жыныстардың беріктік қасиеттерін болжаудың геофизикалық әдісін пайдалану және оның нәтижелерін Micromine бағдарламалық қамтамасыз етуді (БҚ) интеграциялау «Распадская» шахтасының геологиялық қызметіне тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде тектоникалық бұзылыс аймақтарын болжауға мүмкіндік берді.

Тектоникалық бұзылыс аймақтарын интерполяциялауға арналған Micromine БҚЕ деректер қоры қағаз форматтағы қабаттың тікелей шатырының беріктік көрсеткіштерінің деректері негізінде құрылады. Геологиялық барлау жұмыстарын жүргізу кезінде алынған деректерді талдау нәтижелері (жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттері және т.б.) жыныстардың беріктік қасиеттерінің фондық көрсеткіштерін анықтауға мүмкіндік береді ($\delta_{сж}$ – беріктік шегі, f – беріктік коэффициенті) [1]. Содан кейін ұңғымалардың тектоникалық бұзылыстары анықталады.

Әрі қарай, ықтимал тектоникалық бұзылыстары бар аймақтарды анықтау үшін Micromine БҚЕ қолданылады.

Әдетте, тау-кен қазбаларымен іс жүзінде ашылған тектоникалық бұзылыстар геологиялық барлаудың қолда бар деректерімен сәйкес келмейді: жылжытқыштың жағдайы және жоғары жарықшақты аймақтар түбегейлі ерекшеленеді.

Micromine БҚЕ бойынша алынған нәтижелерді талдау жоғары жарықшақты интерполяцияланған аймақтың жағдайы геологиялық барлау деректері туралы айтуға болмайтын нақты ашылған бұзылыстардың созылу бағытымен сәйкес келетінін көрсетті.

Micromine БҚЕ арқылы қабат шатырының беріктігі төмен аймақтарды болжау және анықтау болашақта тау-кен жұмыстарын геологиялық қызметке

ғана емес, шахтаның дайындық учаскелеріне де жеңілдетеді. 3D моделдеудің арқасында қауіпті тектоникалық аймақтарды болжау процесі айтарлықтай жеңілдетілді.

4.2 Тау-кен сілемі тұтастығының анықталған бұзылыс аймақтарына газ-дренаж ұңғымаларын бұрғылау схемасын есептеу үшін геологиялық бұзылыс аймақтарында қазба контурының бұзылыс учаскелерін оқшаулаудың сандық инженерлік әдістемесі

Практикалық шараларды негізді қабылдау үшін кернеулер өрістерін зерттеу қажет: тектоникалық бұзылыстың әсерінен статикалық және қазбаның кенжар сызығы қозғалғанда жылжымалы (динамикалық). Бұл міндет көмір қабатын қамтитын сілемнің кернеулі-деформацияланған күйін сандық моделдеу әдістерімен шешіледі.

Қазіргі уақытта COMSOL Multiphysics, MATLAB, ABAKUS және басқалары сияқты бағдарламалық құралдар негізінде компьютерлік технологиялар тау-кен ғылымында танымал және кеңінен қолданылады. Бұл бағдарламалық орта ғылыми және инженерлік міндеттерді шешуге бағытталған және тау-кен ісінде табысты қолданылады. Осы бағдарламалық өнімдерде модельделген тау сілемін ұсынудың соңғы элементтерінің әдісі сілемнің ішкі және сыртқы шекараларының күрделі геометриялық пішіндерін (тау-кен қазбалары, бұзылыстар, ұңғымалар, әртүрлі литологиялар және жанас жыныстар) дәл көрсетуге мүмкіндік береді.

Оларды пайдалану және дұрыс нәтижелер алу үшін тау жыныстары мен көмірдің физикалық-механикалық қасиеттері, табиғи кернеу өрісін зерттеу, бұзылыс мен қазбаның өзара орналасу геометриясы және шахта алаңы учаскесіндегі тау-кен жұмыстарының жай-күйі туралы басқа да мәліметтер қажет.

Осылайша, тектоникалық бұзылыс сызығы мен жүргізіліп жатқан қазба түбінің сызығы арасында орналасқан тау сілемінің бір бөлігінің тұтастық күйін сандық бағалау әдістемесін жасау қажеттілігі айқын. Сандық инженерлік техниканы әзірлеу қазбаның контурға жақын сілемінің қай бөлігі ең қауіпті екенін анықтауға мүмкіндік береді.

Жоғарыда аталған құжатты әзірлеу үшін тау-кен ғылымында белгілі беріктік теориялары қолданылады, бұл қажетті есептеулерді жүргізуге және сілемнің беріктік күйін бағалауға мүмкіндік береді.

Сілем КҚК моделдеу нәтижелері қолданылады. Оларды қолдану нәтижесінде пайда болған негізгі кернеулердің белгілі өрістеріне сәйкес, сілемнің үздіксіз бұзылыстары бар учаскелері бөлінеді, оларда газодинамикалық құбылыстардың пайда болуы мүмкін.

Дайындық қазбалары кенжарларының алдында жарықшақтардың (бұзылыстардың) даму аймағының өлшемдерін анықтау әдістемесінің бұрын әзірленген бастапқы нұсқаларының негізінде В.И.Ленин атындағы шахта жағдайында Д₆ қабатының конвейерлік бремсбергінің биіктігі (Z) бойынша 0,25 м қадаммен қабат бойынша осы аймақтардың есептеулері жүргізілді.

Диссертацияда келтірілген сандық моделдеу нәтижелері, бұрын болған газ-динамикалық құбылыстар бойынша сілемнің кернеулігі өрістері мен тұтастығының бұзылыс аймақтарын есептеу бұрғылау схемасын қолдана отырып, лақтырылысқа қарсы шараларды әзірлеу үшін жоғарыда аталған әдістемелік ережелерді практикада қолдану үшін баға беруге және ұсыныстар ұсынуға мүмкіндік береді. Келесі бастапқы деректер пайдаланылды: $U=\cos(74^\circ)$; $W=\cos(3^\circ)$; $G=\cos(16^\circ)$; $2 \cdot h = 3,6$ м; $2 \cdot b = 5,0$ м; $H_{cp} = 500$ м.

$$U=(N, x); W=(N, y); G=(N, z) \quad (4.1)$$

мұндағы, N – вектордың шығу нүктесінен жарық бетіндегі нүктеге бағыты;

x, y, z – координаталар осі;

h – қазба биіктігінің жартысы, м;

b – қазба енінің жартысы, м;

H_{cp} – қазбаның орташа тереңдігі, м.

Есептеу нәтижелері 4.2-суретте көрсетілген.

4.2-суретте геологиялық бұзылыстардың анықталған аймақтарына ұзындығы 10 м (саны 12) газ-дренажды ұңғымаларды бұрғылаудың технологиялық схемалары көрсетілген.

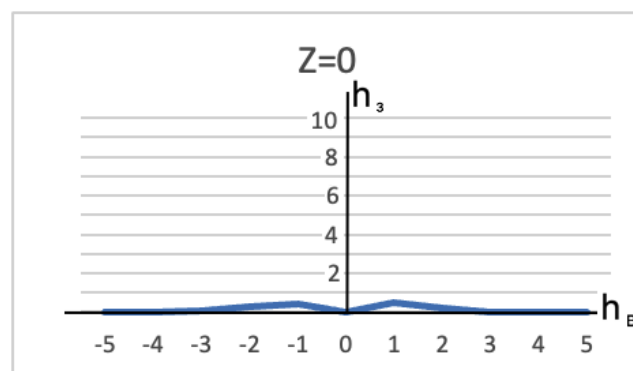
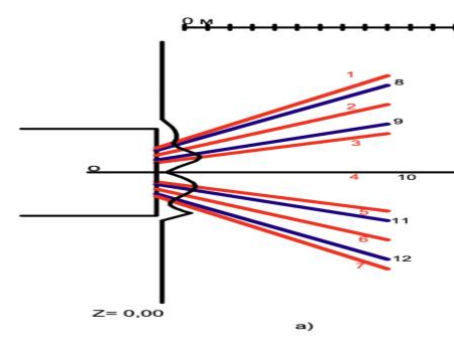
Сол жақ бағанда биіктігі бойынша 0,25 м қадаммен Z қабаттарының байқалатын белгілерінің әртүрлі мәндері кезінде ұңғымаларды бұрғылау схемалары көрсетілген.

Z – таңдалған координаттар жүйесі кезіндегі қабаттарды белгілеу;

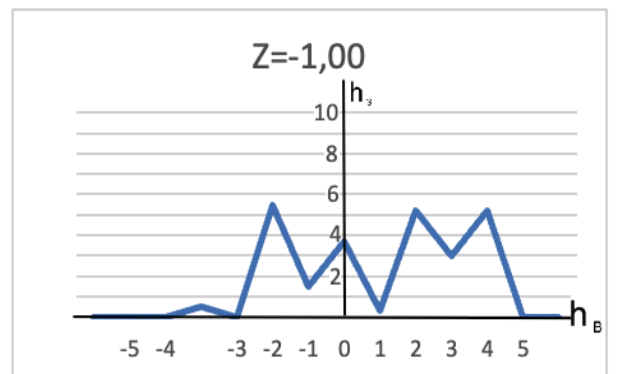
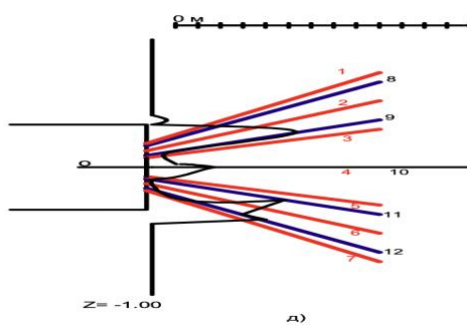
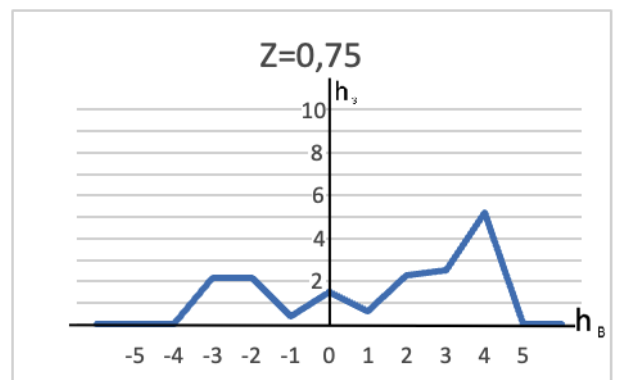
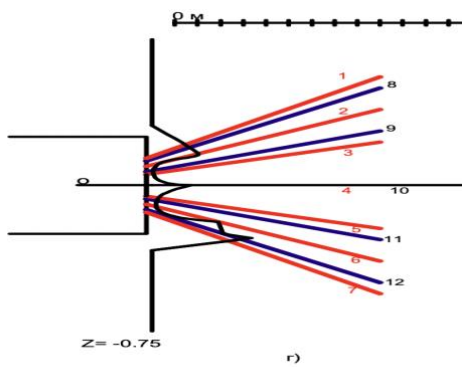
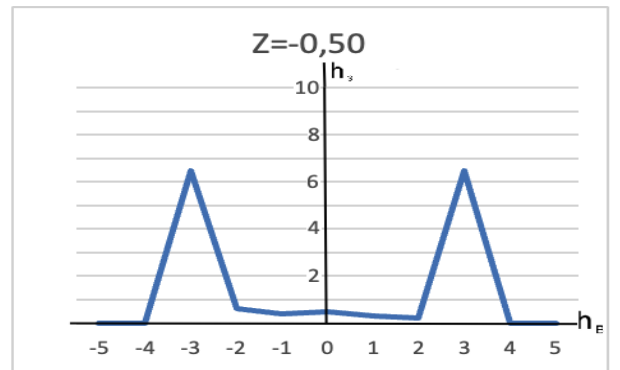
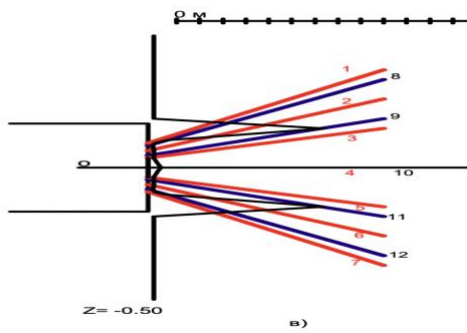
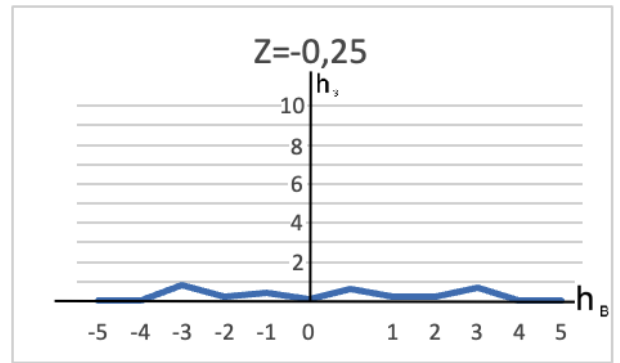
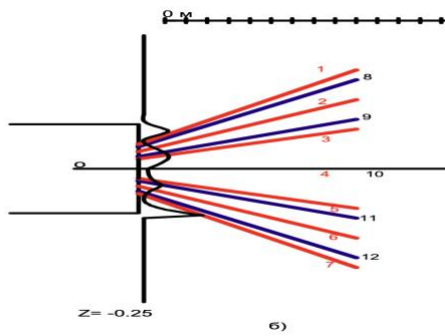
h_z – қазба кенжарының тереңдігі бойынша бұзылыстың даму аймағының шамасы;

h_b – қазба кенжарының ені бойынша бұзылыстың даму аймағының шамасы.

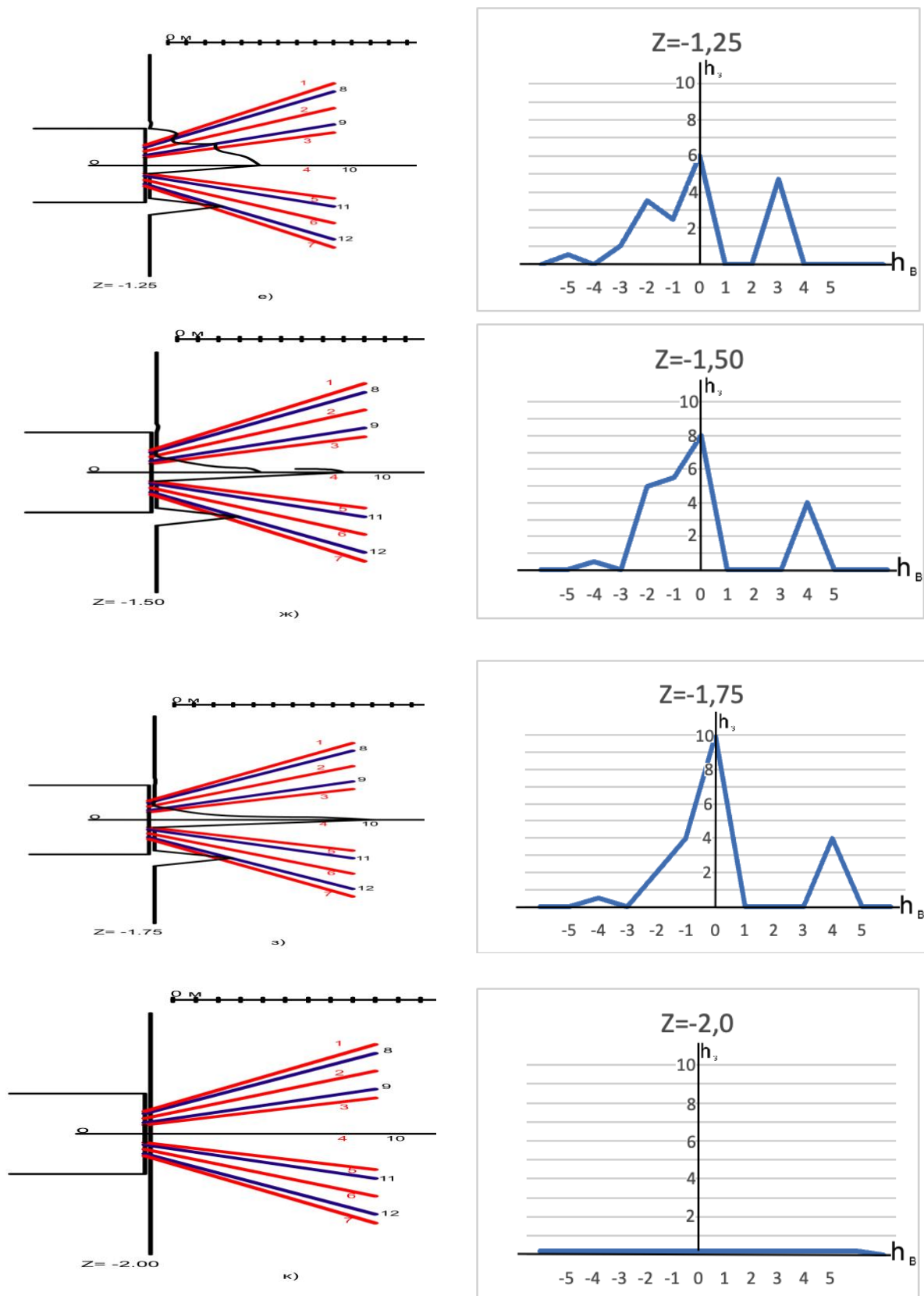
Оң жақ бағанда қазбалардың кенжар маңы аймағында қираудың даму графигі көрсетілген, абсцисса осінде қазбаның кенжарының ені бойынша қираудың даму аймағының шамасы орталықтан екі жағынан көрсетілген, ординат осінде жүргізілген қазбаның алдындағы кенжардың тереңдігі бойынша қираудың даму аймағының шамасы көрсетілген.



4.2 – сурет. $Z=0,00$ мәніндегі кенжар маңы аймағындағы бұзылыстардың даму аймақтары



4.3 – сурет. $Z = -0.25, -0.50, -0.75, -1.00$ мәндері кезіндегі кенжар маңы аймағындағы бұзылыстардың даму аймақтары



4.4 – сурет. $Z = -1,25, -1,50, -1,75, -2,00$ мәндері кезіндегі кенжар маңы аймағындағы бұзылыстардың даму аймақтары

4.3 Тау-кен сілемінің тұтастығының бұзылысының анықталған аймақтарына газ құю ұңғымаларын бұрғылау схемалары

Көмір сілемінің кенжар маңы бөлігіндегі жарықтардың (бұзылыс аймақтарының) дамуы тұтас алғанда қазбаның айналасында да, атап айтқанда кенжардың алдында да кернеулердің шоғырлануымен байланысты. Бұл аймақтың таралу сипаты газ қабаттарының дайындық қазбаларының кенжарларынан бұрғыланған ұңғымалардан газды ағызуға тікелей әсер етеді. Сілемнің алдын-ала бұзылған бөлігіндегі бұрғыланған ұңғымада біріншіден, жарықтардың өсуімен байланысты жаңадан пайда болған қуыстарға газдың десорбциясы, екіншіден, бұрын пайда болған жарықтар желісінің бір ұңғымасына газ жинау өрісінің ұлғаюына байланысты газ шығыны жоғары болатыны анық. Керісінше, нашар дамыған немесе мүлде жоқ (казбаны жүргізудің техногендік процесінен туындамаған) көмір сілемінің учаскесі бойынша бұрғыланған ұңғыманың газ беру көрсеткіштері өте төмен болады.

Осыған орай сілемнің төменгі шұңқыр бөлігіндегі кернеу күйінің таралу сипатын және оның кенжардың алдындағы жарықтардың дамуына әсерін анықтау қажет.

Бұл міндетті шешу үшін:

- дайындық қазбаларының алдындағы көлемдік-кернеулік жағдайды анықтау.
- сілемдегі жарықтардың кливажын ескере отырып, дайындық қазбалары кенжарының алдында жарықтардың (бұзылыстардың) даму аймағының сипатын анықтау қажет.

Қазба кенжарының алдындағы көлемдік-кернеулі жай-күйді біз 2-тарауда толығырақ қарастырдық.

Дайындық қазбасының алдындағы жарықтардың дамуын зерттеу міндетінің ерекше маңыздылығына байланысты біз жойылу аймақтарының даму сипатын толығырақ қарастырамыз.

2-тарауда келтірілген кернеу компоненттерінің құраушыларын анықтау үшін есептеу тәртібін бастапқыда сілемде (аналық жарықтар) болатын жарықтар жазықтықтарына қатысты әрекет ететін қалыпты және тангенс компоненттерінің кернеу компоненттерін анықтау үшін қолданамыз. Бұл жағдайда жарықтың жазықтығына қатысты кернеулердің қалыпты компоненті:

$$\sigma_n = \sigma_x U^2 + \sigma_y W^2 + \sigma_z G^2 + 2 \cdot \tau_{yz} WG + 2 \cdot \tau_{xz} UG + 2 \cdot \tau_{xy} UW, \quad (4.2)$$

мұндағы, $U = \cos(N^{\wedge}x)$, $W = \cos(N^{\wedge}y)$, $G = \cos(N^{\wedge}z)$ - тиісінше, жарықтар мен координаттар осьтерінің беттеріне тартылған нормальдар арасындағы бұрыштардың косинустары. $U^2 + W^2 + G^2 = 1$ болатынын есте сақтау керек.

Кернеулердің тангенциалдық компоненті мына формула бойынша анықталады:

$$\tau = \sqrt{S^2 - \sigma_n^2}, \quad (4.3)$$

мұндағы, $S^2 = X^2 + Y^2 + Z^2$ - толық кернеудің квадраты;

$$\left. \begin{aligned} X &= \sigma_x U + \tau_{xy} W + \tau_{xz} G, \\ Y &= \tau_{xy} U + \sigma_y W + \tau_{zy} G, \\ Z &= \tau_{xz} U + \tau_{yz} W + \sigma_z G. \end{aligned} \right\} \quad (4.4)$$

Аналық жарықтардың бетінде әрекет ететін қалыпты және тангенциалды кернеулер үшін есептеу формулаларын анықтағаннан кейін эксперименттік-аналитикалық формула бойынша өндіріс бүйірлеріндегі жарықтардың даму аймағын анықтаймыз:

$$h_{\text{тр. бок}} = 17 \cdot \sqrt[5]{u_{\text{бок}}^3 h^2}, \quad (4.5)$$

мұндағы, $u_{\text{бок}}$ - қазба бүйірінің ығысу шамасы; h - ұңғымадағы қазба биіктігінің жартысы.

$h_{\text{тр. бок}}$ анықталғаннан кейін және қазба тізбегінен $h_{\text{тр. бок}}$ алып тастауға сәйкес келетін σ_n және τ кернеулерді анықтаймыз. Алынған кернеулерді келесі формулалардың біріне қоямыз:

$\sigma_\alpha > 0$ болғанда

$$c_{\theta 1} = \frac{\gamma_s E}{\pi(1 - \nu^2)(\tau^2 + \sigma_n^2)}, \quad (4.6)$$

$\sigma_\alpha < 0$ болғанда

$$c_{\theta 2} = \frac{\gamma_s E}{\pi(1 - \nu^2)\tau^2}. \quad (4.7)$$

(4.4) немесе (4.5) формулаларында c_θ мәні $h_{\text{тр. бок}}$ жарықтар аймағына сәйкес болатындай етіп таңдалады. Алынған c_θ мәні c_θ аналық жарықтардың бастапқы ұзындығына сәйкес келеді, ол кейіннен қызығушылық тудыратын дайындық кенжарының алдындағы жарықтар аймағын анықтауда қолданылады.

Осы есептеу формулаларын пайдалану газ құю ұңғымаларын бұрғылау кезінде қазбалардың кенжар маңы аймағындағы бұзылыс аймақтарын анықтауға мүмкіндік береді.

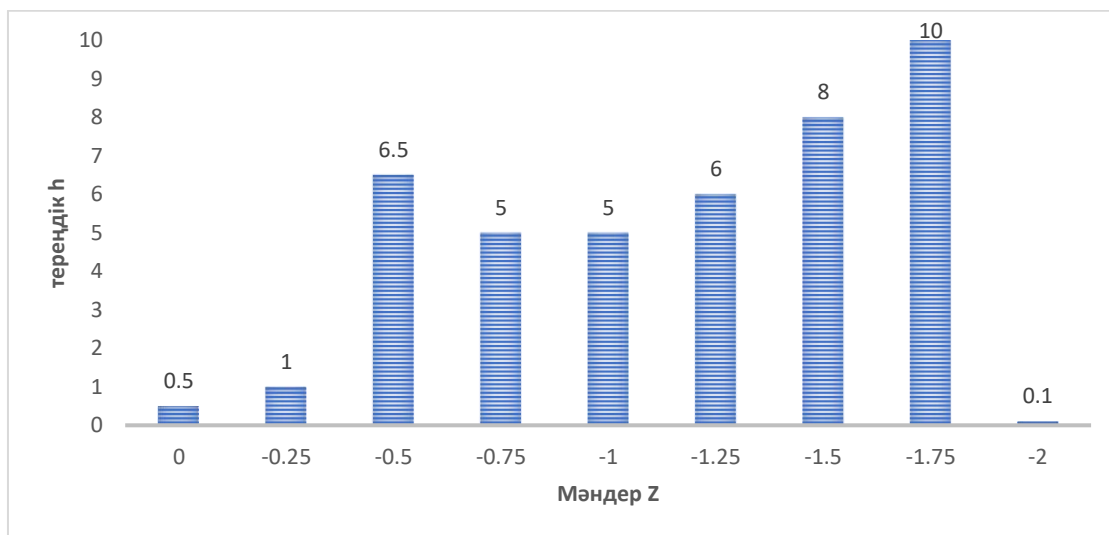
Есептеулер нәтижелерін талдауда (4.2-сурет) қазба кенжарының алдындағы жарықтардың (бұзылыстардың) даму аймақтары кенжардың биіктігі бойынша да, қабаттардың әрқайсысы бойынша да бір мәнді емес сипаты бар екені анықталды. Мұны газ ұңғымаларын төсеу кезінде де, оларды бұрғылау кезінде де ескеру қажет.

Газ-дренажды ұңғымаларды бұрғылаудың келтірілген схемаларының негізінде ұңғымалардың ұзындығы мен бақылау қабаттарының көрсеткіштерінің мәндері бойынша диаграммалар салынды. $Z=0$, $Z=-0,25$, $Z=-0,50$, $Z=-0,75$, $Z=-1,0$, $Z=-1,25$, $Z=-1,50$, $Z=-1,75$ және $Z=-2,0$ әртүрлі биіктіктердің қабаттары бойынша талдау жүргізілді. Сондай-ақ, 12 бұрғыланған ұңғыма бойынша талдау жүргізілді.

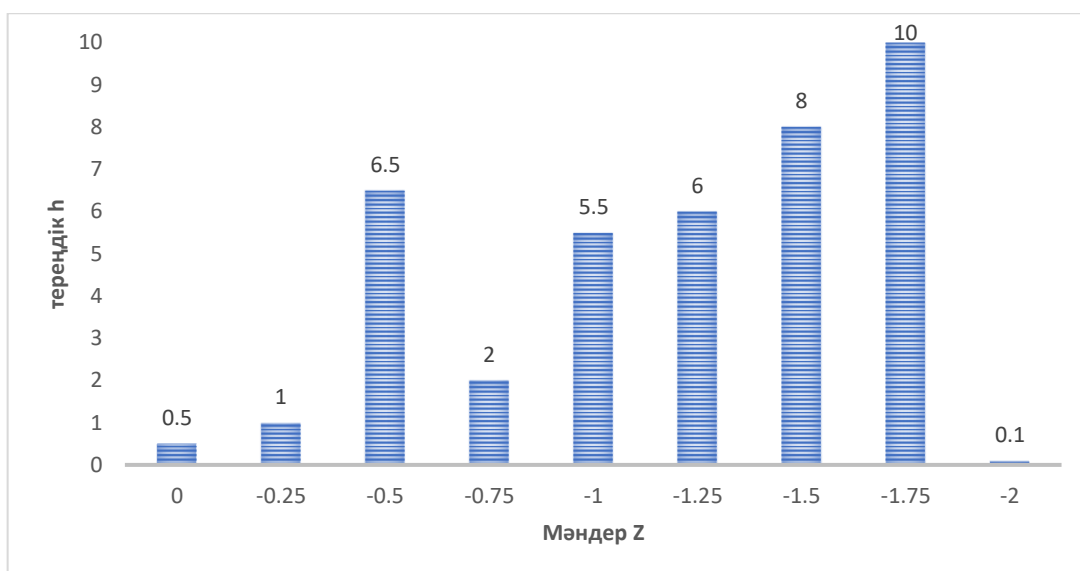
Жоғарыда келтірілген схемаларға сүйене отырып, $Z=0$ мәні кезінде жойылу аймақтары өте төмен, $Z=-0,25$ кезінде жойылу аймағы тек 1 м-ге жетеді, $Z=-0,5$ кезінде жойылу аймағы 6,5 м-ге дейін артады. $Z=-0,75$ мәні кезінде максималды бұзылыс аймағы 5,5 м жетеді, $Z=-1$ мәні кезінде бірнеше жерде бұзылыстың максималды аймағы да 5,5 м құрайды. $Z=-1,25$ және $Z=-1,50$ мәндері кезінде бұзылыс аймағы 8 м-ге дейін артады. $Z=-1,75$ болған жағдайда жойылу аймағы 10 м-ге жетеді. Бұл оның ең үлкен мәнін білдіреді. $Z=-2,0$ болғанда, бұзылыс аймағы мүлдем байқалмайды.

Осы нәтижелерге сүйене отырып, $Z=-0,5$, -1 және $-1,75$ кезінде 9 және 10 ұңғымаларында ең көп бұзылыс аймақтары байқалады.

Ұңғымалар мен Z мәндеріндегі 4.3-суреттен 3-ұңғыма үшін бұзылыс аймағының минималды мәні байқалады, ал 9-ұңғымаларда $Z=-0,5$ және $-1,0$ кезінде жоғары бұзылыс аймағы байқалады. 10 ұңғымасында $Z=-1,5$ және $-1,75$ кезінде бұзылыс аймағы әлдеқайда көп өсетіні байқалады.



4.5 – сурет. Әртүрлі Z кезінде бұзылыстардың дамуының ең жоғары шамаларының диаграммасы (қазбаның оң жағы бойынша)



4.6 – сурет. Өртүрлі Z кезінде бұзылыстардың дамуының ең жоғары шамаларының диаграммасы (қазбаның сол жағы бойынша)

Бастапқы нұсқаның дайындық қазбаларының кенжарларынан бұрын көмір сілемінің бұзылыс аймақтарын есептеу жөніндегі әдістемелік ережелерді апробациялау 320 м тереңдіктен көмір мен газдың кенеттен лақтырылысы бойынша аса қауіпті санатқа жатқызылған Д₆ қабаты бойынша конвейерлік бремсбергті жүргізу кезінде бұрын В. И. Ленин атындағы шахтада жүзеге асырылды.

Қазбаны жүргізу ТҚК қазбаөткізгіш комбайнымен жоғарыдан төменге жүзеге асырылды. Нормативтік құжаттарға сәйкес конвейерлік бремсбергті жүргізу кезінде газдың бастапқы бөліну жылдамдығы және бұрғылау үгіндісінің шығуы бойынша лақтырылыс қаупі бар ағымдағы болжамы, сондай-ақ акустикалық сигналдың (АК) амплитудалық-жиіліктік сипаттамасы бойынша болжам қолданылады.

Көмір мен газдың кенеттен лақтырылуын болдырмау тәсілі ретінде «Старт» бұрғылау станогымен диаметрі 250 мм көмірдің лақтырылыс қаупі бар бумаларын төсеу бойынша қаттың төменгі қабатына және озыңқы ұңғымаларға газ ағызу ұңғымаларын бұрғылау қолданылды.

4.3.1 – кесте. Ұңғымалардан олардың бұзылыс аймақтарымен қиылысуы кезіндегі газ бөлу статистикасы.

Ұңғымалар нөмірлері	Бұзылыс аймағының ұзындығы, м	Ұңғымамен қиылысатын бұзылыс аймағының көлемі, м ³	Ұңғымаларды бұрғылау кезінде газ бөлу жағдайларының саны	
			бұзылыс аймақтарында	төменгі будада
1	1,0	6,2	6	5

2	1,0	6,2	6	4
3	1,0	7,1	6	4
4	1,0; 2,0	10,0	6	7
5	0,5	1,4	4	11
6	0,5	3,0	5	13
7	1,0; 2,0	3,5	5	4
8	0,5; 1,0; 1,5; 2,0	6,8	7	1
9	0,5; 3,0	0,4	4	4
10	2,0; 3,0	2,0	4	4
11	0,5; 1,5; 2,0	3,0	5	2
12	0,5; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0	5,5	6	4

4.3.1-кестеден көріп отырғанымыздай, қазба кенжарының алдындағы сілемнің салыстырмалы түрде үлкен бұзылыс көлемі бар аймақтарды кесіп өтетін ұңғымалар қазба контуры[90] шегінде ұңғымаларды бұрғылау кезінде қарқынды газ шығару жағдайларының көп санына ие.

Осылайша, жоғарыда келтірілген мәліметтерден ұсынылған бастапқы әдіс газ ұңғымаларын бұрғылау тәртібін анықтауға негіз бола алатындығын көруге болады.

Жоғарыда айтылғандарға байланысты, конвейерлік бремсбергте газ құю ұңғымаларын бұрғылаудың ең ұтымды тәртібі ұсынылады, бұл ұңғымаларды бұрғылау кезінде қарқынды газ шығару жағдайларының санын азайтуға мүмкіндік береді (4.3.2-кесте).

4.3.2 – кесте. Ұңғымаларды бұрғылау тәртібі

Бұрғылау тәртібі	Ұңғымалар нөмірі	Бастапқы бұрғылау схемасы	Ұсынылатын бұрғылау схемасы
1	9		
2	5		
3	10		
4	6		
5	11		
6	7		
7	12		
8	1		
9	2		
10	8		
11	3		
12	4		

Конвейерлік бремсберг кенжарында В. И. Ленин атындағы шахта жағдайында өңірлік өңдеу аймағынан тыс жерде дайындық қазбаларын жүргізу

кезінде лақтырылысқа қарсы шаралар параметрлерін әзірлеу барысында және қабаттың кенжар маңы аймағының газдинамикалық[91] белсенділігін төмендету және газ коллекторларын анықтау мақсатында қазбаларды алдын ала, газ-дренаж және барлау ұңғымаларын, сондай-ақ борттық газсыздандыру ұңғымаларын бұрғылаумен жүзеге асыру ұсынылады.

Д₆ қабатының табиғи газдылығын төмендету тәсілдерінің тиімділігін салыстыру үшін қабаттық газсыздандыру ұңғымаларының жұмыс нәтижелерін салыстыру жүргізілді.

Қазба барысында газ-дренаж ұңғымаларын бұрғылау кезінде 15-тен 30 тәулікке дейінгі кезеңде өндіру барысында газ-дренаж ұңғымаларын бұрғылау кезінде көмір сілемінің табиғи газдылығының төмендеуіне қол жеткізілді.

Борттағы газсыздандыру ұңғымаларымен метанды алу тиімділігі табиғи газдылық 1,0-ден 4,9 м³/т-ға дейін төмендеген кезде 0,2-1,2 м³/мин шегінде белгіленген. Аймақтық өңдеу аймағынан тыс жерде борттық газсыздандыру ұңғымаларымен метанды алудың үлкен мөлшері әртүрлі мақсаттағы ұңғымалардың (барлау, топыраққа газ құю, қазба барысында газ ағызу және борттық) көп болуына байланысты оның барлық қуаты бойынша сұйыққойманы қарқынды түсірумен түсіндіріледі. Ұңғыманың 1 қ.м. 40 м-ден астам ұңғымалар бар, ал болашақ қазба контурын қайта бұрғылаумен алдын-ала сұйыққойманы газсыздандырудың аймақтық[92] өңдеу аймағында көмір сілемін біркелкі аймақтық өңдеу жағдайында ұңғылаудың 1 қ.м-ге 1,5-2,5 м ұңғымалар келеді, бұл іс жүзінде ұңғымаларды бағытталған бұрғылау техникасының болмауына байланысты мүмкін емес.

Өткізілген зерттеулер болашақ қазбаның контурын қайта бұрғылау арқылы ұңғымалармен газсыздандырумен салыстырғанда көмір сілемін қарқынды, қазбаның барысында бағытталған газсыздандырудың бірқатар артықшылықтарын анықтауға мүмкіндік береді:

- қазба барысында көмір сілеміне барлау жүргізу;
- кенжар барысында және қазбаның бүйірлеріндегі 12 м пішінді аймақта газ коллекторларына бару және оларды жою мүмкіндігі;
- қабаттың өңделетін учаскесіндегі ұңғымалардың тығыздығын арттыру және оларды бұрғылау тәртібін қайта бөлу мүмкіндігі;
- көмір қабатының бүкіл қуаты бойынша біркелкі түсірілуіне қол жеткізу есебінен көмір сілемінің газ өткізгіштігін және оның газ бергіштігін арттыру;

Осы диссертациялық жұмыс шеңберінде жүргізілген теориялық және эксперименттік зерттеулер негізінде «Геологиялық бұзылыстар аймақтарында лақтырылыс қаупі бар қабаттар бойынша тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде қазба контурының бұзылыс учаскелерін оқшаулаудың жетілдірілген сандық инженерлік әдістемесі» әзірленді. (А-қосымшасы).

Ұсынылатын «Геологиялық бұзылыстар аймақтарында лақтырылыс қаупі бар қабаттар бойынша тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде қазба контурының бұзылыс учаскелерін оқшаулаудың жетілдірілген сандық инженерлік әдістемесі» өңірлік өңдеу аймақтарынан тыс лақтырылыс қаупі бар қабаттар

бойынша дайындық қазбаларын жүргізу кезінде озыңқы (газ дренажды) ұңғымаларды бұрғылау тәртібін айқындау үшін негіз болып табылады.

Жүргізілген зерттеулер нәтижелерінің негізінде ерекше лақтырылыс қаупі бар қабаттарды өңірлік өңдеу аймақтарынан тыс дайындық қазбаларын жүргізуге қатысты бөлігінде «Көмір мен газдың кенеттен лақтырылыс қаупі қабаттарда тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізу жөніндегі нұсқаулық» жекелеген тармақтарын түзету бойынша ұсыныстар әзірленді.[93]

4-бөлім бойынша тұжырымдар

1. Сілемнің кенжар бөлігіндегі кернеулі күйдің таралу сипатын және оның кенжардың алдындағы жарықтардың дамуына әсерін анықтау үшін дайындық қазбасының кенжарларының алдындағы көлемдік-кернеулі күйі анықталды, сондай-ақ сілемдегі жарықтардың кливажын ескере отырып, дайындық қазбасының кенжарының алдындағы жарықтардың (бұзылыстардың) даму аймағының сипаты анықталды.

2. Қазбаның кенжар маңы аймағындағы жарылу аймақтарын талдау нәтижесінде қазба кенжарының алдындағы жарықтардың даму (бұзылыс) аймақтары кенжардың биіктігі бойынша да, қабаттардың әрқайсысы бойынша да бір мәнді емес сипаты бар екені анықталды. Мұны газ-дренажды ұңғымаларын төсеу кезінде де, оларды бұрғылау кезінде де ескеру қажет.

3. Газ-дренажды ұңғымаларды бұрғылаудың келтірілген схемаларының негізінде ұңғымалардың ұзындығы мен бақылау қабаттарының көрсеткіштерінің мәндері бойынша диаграммалар салынды. $Z=0$, $Z=-0,25$, $Z=-0,50$, $Z=-0,75$, $Z=-1,0$, $Z=-1,25$, $Z=-1,50$, $Z=-1,75$ және $Z=-2,0$ сияқты әртүрлі биіктіктердің қабаттары бойынша талдау жүргізілді. Осы нәтижелерге сүйене отырып, $Z= -0,5$, -1 және $-1,75$ кезінде 3, 9 және 10 ұңғымаларында ең жоғары және ең аз бұзылыс аймақтары байқалады.

4. Д₆ қабатының табиғи газдылығын төмендету тәсілдерінің тиімділігін салыстыру үшін қабаттық газсыздандыру ұңғымаларының жұмыс нәтижелерін салыстыру жүргізілді. Борттағы газсыздандыру ұңғымаларымен метанды алу тиімділігі табиғи газдылық 1,0-ден 4,9 м³/т-ға дейін төмендеген кезде 0,2-1,2 м³/мин шегінде белгіленген. Аймақтық өңдеу аймағынан тыс борттық газсыздандыру ұңғымаларымен метанның көп мөлшерде алынуы әртүрлі мақсаттағы ұңғымалардың (барлау, топыраққа газ құю, қазба барысында газ ағызу және борттық) көп болуына байланысты оның барлық қуаты бойынша сұйыққойманы қарқынды түсірумен түсіндіріледі.

5. Теориялық және эксперименттік зерттеулер жүргізу нәтижелері бойынша «Геологиялық бұзылыс аймақтарындағы лақтырылыс қаупі бар қабаттар бойынша тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде қазба контурының бұзылыс учаскелерін окшаулаудың жетілдірілген сандық инженерлік әдістемесі» әзірленді, сондай-ақ жүргізілген зерттеулер нәтижелері негізінде газ, аса лақтырылыс қаупі бар қабаттарды өңірлік өңдеу аймақтарынан тыс дайындық қазбаларын жүргізуге қатысты бөлігінде «Көмір мен газдың кенеттен

лақтырылуынан қауіпті қабаттарда тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізу жөніндегі нұсқаулықтар» жекелеген тармақтарын түзету әзірленді және ұсынылды.

ҚОРЫТЫНДЫ

«Геологиялық бұзылыс аймағында тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде лақтырылысқа қарсы шараларды әзірлеу» диссертациялық жұмысы аяқталған ғылыми-зерттеу жұмысы болып табылады, онда дизъюнктивті геологиялық өзара әсерді және оған жақын жерде жүргізілген тау-кен қазбаларын ескере отырып, контурға жақын сілемнің жойылуын сандық моделдеу негізінде қауіпті газдинамикалық құбылыстарды қалыптастыру саласын болжау есебінен шахталарда көмір мен газдың кенеттен лақтырылыс көріністерін төмендетудің өзекті ғылыми-техникалық міндетінің жаңа шешімі қамтылған.

Диссертациялық жұмыстың негізгі тұжырымдары, ғылыми және практикалық нәтижелері:

Қарағанды бассейнінің шахталарында лақтырылыс қаупі бар қабаттар бойынша дайындық қазбаларын жүргізу кезінде көмір мен газдың кенеттен лақтырылуы түріндегі газдинамикалық құбылыстар басты қауіптердің бірі болып табылатыны анықталды.

Газ-динамикалық құбылыстардың пайда болу жағдайлары мен орындарын талдау олардың көрінісі көбінесе өткізілетін дайындық қазбаларының жанындағы дизъюнктивті сипаттағы геологиялық бұзылыстардың болуына байланысты екендігі анықталды.

Дизъюнктивті геологиялық бұзылыстың қазбаларды жүргізу кезінде газ-динамикалық құбылыстың пайда болу жағдайларын қалыптастыруға әсерін зерттеу үшін сандық моделдеу әдістемесі жасалды.

Шахтада лақтырылыстар кезінде нақты заттай деректерді қолдана отырып, сандық моделдеу қазбаның контурлық сілемінің бұзылысының ықтимал орындарын анықтау үшін зерттеулер жүргізді.

Геомеханиканың теориялық ережелері мен тау жыныстары үшін беріктік теорияларын қолдана отырып, кенеттен лақтырылыстар дизъюнктивті геологиялық бұзылыстар мен тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде сілемге араласу нәтижесінде пайда болған кернеу өрістерінің қосылуының салдары екендігі анықталды.

Тау-кен тізбегінің артындағы сілемнің тұтастығын бұзу үшін тау-кен сілемі үшін беріктік теориясының өлшемдеріне кіретін созылу кернеулері үлкен қауіп төндіретіні анықталды.

Сілемнің кенжар аймағы бөлігіндегі кернеулі-деформацияланған күйдің таралу сипатын және оның кенжардың алдындағы жарықтардың дамуына әсерін анықтау үшін дайындық қазбасының кенжарларының алдындағы көлемдік-кернеулі жай-күй анықталды, сондай-ақ сілемдегі жарықтардың кливажын ескере отырып, дайындық қазбасының кенжарының алдындағы жарықтардың (бұзылыстардың) даму аймағының сипаты анықталды.

«Саранская» шахтасында кенеттен лақтырылған кезде контур маңы сілемінің кернеулі-деформацияланған күйінің сандық имитациялық моделіндегі зерттеулер және моделдеу нәтижелерінің шығарындының нақты орнымен қанағаттанарлық сәйкес келуі дизъюнктивті геологиялық бұзылысқа жақын

қазбаларды жүргізу кезінде газдинамикалық құбылысты теориялық болжау үшін ұсынылған әдіснаманы практикалық қолдану мүмкіндігін дәлелдеді.

Осы диссертация шеңберінде жүргізілген ғылыми зерттеулер нәтижелерінің негізінде «Геологиялық бұзылыстар аймақтарында лақтырылыс қаупі бар қабаттар бойынша тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде қазба контурының бұзылыс учаскелерін оқшаулаудың жетілдірілген сандық инженерлік әдістемесі», сондай-ақ көмір шахталарында ГДҚ-ты болдырмау үшін шаралар әзірлеу жөніндегі ұсынымдар ұсынылды және әзірленді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ходжаев Р.Р. Разработка автоматизированного метода прогноза выбросоопасных зон в подготовительных забоях шахт Карагандинского бассейна: дисс. ...канд.техн.наук. – М.:, 1992.- 254 с.
2. Методические указания по выбору параметров регионального способа предотвращения внезапных выбросов угля и газа путем предварительной дегазации на шахтах Карагандинского бассейна. – Караганда, 1984. – 23 с.
3. Скочинский А.А. Современные представления о природе внезапных выбросов угля и газа в шахтах и меры борьбы с ними //Уголь.- 1954.- № 7. – С. 4-10.
4. Христианович С.А. О волне дробления //Изв. АН СССР.- 1953.-№12.- С.1689-1699.
5. Христианович С.А. О волне выброса //Изв. АН СССР.- 1953.-№12.- С.1679-1688.
6. Айтпаева А.Р., Исабек Т.К. Механизмы возникновения внезапных выбросов угля и газа // Труды Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 10), 14-15 июня 2018 г. – С. 26-28..
7. Ходот В.В. Внезапные выбросы угля и газа. – М.: Углетехиздат, 1961.- 363 с.
8. Айтпаева А.Р., Исабек Т.К., Ергенгул Ш. Формирование выбросоопасных зон в углепородном массиве и способы предотвращения выбросоопасности на шахтах // Труды Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 10), 14-15 июня 2018 г. – С. 121-124.
9. Петухов И.М., Линьков А.М. Теоретические основы борьбы с выбросами угля, породы и газа // Уголь.- 1975.- № 9.- С. 9-15.
10. Айтпаева А.Р., Хуанган Н. Механизм формирования выбросоопасной газодинамической зоны // XXIII Международного научного симпозиума студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР», Сборник XXIII симпозиума, Том II, 2019г. Секция 16. – С. 469-170.
11. Петросян А.Э. О природе внезапных выбросов //Рудничная аэрология и безопасность горных работ: Науч. сообщ. /Ин-т горн. дела им. А.А. Скочинского. – М., 1974.
12. Петросян А.Э., Иванов Б.М., Яновская М.Ф. Об условиях проявления энергии метана при внезапных выбросах угля и газа //Научно-технические вопросы безопасности добычи угля подземным способом: Науч. сообщ. / Ин-т горн. дела им. А.А. Скочинского. –М., 1975.
13. Ержанов Ж.С., Сагинов А.С., Векслер Ю.А. О механизме внезапных выбросов угля и газа // ФТПРПИ.- 1973.- № 4.- С. 3-6.

14. Шакиров А.Т., Тутанов С.К. Механическая модель внезапного выброса угля и газа. В кн. Технология разработки месторождений полезных ископаемых. – Караганда, 1976. С. 143-145.
15. Коваленко Ю.Ф. Элементарный акт явления внезапного выброса: Выброс в скважину. – М., 1980. – № 145. – 44 с. (Препринт ИПМ АН СССР).
16. Курлаев А.Р. Напряженно-деформированное состояние вокруг торца цилиндрической выработки при всестороннем сжатии вдали от него. – М., 1980. – № 158. – 16 с. (Препринт ИПМ АН СССР).
17. Мохель А.Н. Теоретическая оценка действия отработки защитного пласта на защищаемый пласт. – М., 1980. – № 156. – 26 с. (Препринт ИПМ АН СССР).
18. Салганик Р.Л. Об эффективных характеристиках материалов с большим числом трещин. Возможность геофизического определения параметров трещиноватости пласта в связи с задачей обеспечения выбросоопасности. – М., 1980. – № 154. – 26 с. (Препринт ИПМ АН СССР).
19. Оловянный А.Г. Некоторые задачи механики массивов горных пород. – С-Пб.: МНЦ ВНИМИ, ООО «Стресс» 2003. – 234 с.
20. Бобров И.В., Кричевский Р.М. Работы МакНИИ в области борьбы с внезапными выбросами угля и газа. В кн. Научные исследования в области борьбы с внезапными выбросами угля и газа. – М.: Углетехиздат, 1958. – С. 133-225.
21. Ходот В.В., Иванов Б.М., Фейт Г.Н. Внезапные выбросы угля и газа. Пути решения проблемы // Уголь. – 1977. – №10. – С. 13-18.
22. Малинникова О.Н., Фейт Г.Н. Эффект образования метана и дополнительной сорбции при разрушении газонасыщенного угля в условиях объемного напряженного сжатия // Физико-технические проблемы разработки месторождений полезных ископаемых. Семинар ИПКОН. – М.:, 2000. – с.22
23. Ходжаев Р.Р. Комплексное использование природных ресурсов как один из путей решения экологических проблем Центрального Казахстана // Экологические проблемы Центрального Казахстана. Тез. докл. региональной конференции, КарГУ – Караганда, 1989. – с.
24. Каталог внезапных выбросов угля и газа, происшедших на шахтах Карагандинского бассейна. – Караганда: ГУ УД АО «АрселорМиттал Темиртау», 2018. – 177 с.
25. Бирюков Ю.М., Пименов А.А. Ходжаев Р.Р. Проблемы техногенных газодинамических явлений. – Калининград: КГТУ, 2005. – 200 с.
26. Методика прогнозирования параметров внезапных выбросов угля и газа и их влияние на устойчивость проветривания и распределение выделившегося метана по выработкам при нормальном и реверсивном режимах работы ВГП/ Баймухаметов С.К., Давыдов Е.Г., Фоминых Е.И., Ходжаев Р.Р., Устинов А.М., Гращенко Н.Ф. – Караганда: ДНТИ УД АО «Испат-Кармет», 1996. – 19 с.
27. Ходжаев Р.Р., Пименов А.А. Определение безопасных по выбросам расстояний при вскрытии угольных пластов на основании гипотезы влияния

горного давления. Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: Материалы Шестой международной конференции. Москва - Караганда, 17-21 сентября 2007 г. – М.: РУДН, 2007.- С. 105-107.

28. Ханукаев А.Н. Физические процессы при отработке горных пород взрывом. –М.: Недра, 1974. – с.

29. Айтпаева А.Р., Исабек Т.К., Ходжаев Р.Р., Филатов И.А. К вопросу связи внезапных выбросов с геологическими нарушениями угольных пластов // Горный журнал Казахстана, г. Алматы, №6, 2018 г. – С. 15-17. (ККСОН)

30. К итогам дискуссии по проблеме внезапных выбросов угля, газа и породы // Уголь.- 1976.- №10. – С. 19-21.

31. Эз В.В. Микротектоника угольных пластов и внезапные выбросы. В кн.: Борьба с внезапными выбросами угля и газа в шахтах. – М.: Недра, 1956.

32. Некрасовский Я.Э. Разработка пластов, подверженных внезапным выбросам угля и газа. Москва – Харьков: Углетехиздат, 1951.

33. Эттингер И.Л. Свойства углей, влияющие на безопасность труда в шахтах. – М.: Госгортехиздат, 1961. – 95 с.

34. Фейт Г.Н. Изменчивость прочностных свойств угольных пластов. В кн. Борьба с внезапными выбросами в угольных шахтах. – М.: Госгортехиздат, 1962. – С. 571-581.

35. Геология Карагандинского угольного бассейна/ Бекман В.М., Сейдалин О.А. и др. под ред. Орлова И.В., Кушева Г.Л., Думлера Л.Ф., Голицына М.В. – М.: Недра, 1972. – 416 с.

36. Бирюков Ю.М., Ходжаев Р.Р., Карев Н.А., Фоминых Е.И. Каталог внезапных выбросов угля и газа (Карагандинский угольный бассейн). – Калининград: КГТУ, 2006. - 158 с.

37. Христианович С.А., Салганик Р.Л. Выбросоопасные ситуации. Дробление. Волна выброса. – М., 1980.- № 152.- 44 с. (Препринт ИПМ АН СССР).

38. Христианович С.А., Салганик Р.Л. Внезапные выбросы угля (породы) и газа. Напряжения и деформации. – М., 1980.- № 153.- 87 с. (Препринт ИПМ АН СССР).

39. Петухов И.М., Линьков А.М. Об оценках склонности горных пород к бурному разрушению. Ленинград: Тр. ВНИМИ. Вып. 95, 1975.- С. 97-102.

40. Ставрогин А.Н., Бич Я.А. Хрупкое разрушение пород и горные удары. – М., 1973.- 35 с.

41. Ержанов Ж.С., Векслер Ю.А., Жданкин Н.А., Колоколов С.Б. Механизм инициирования динамических явлений в подготовительных забоях. – Алма-Ата: Наука, 1984.- 224 с.

42. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. –М., 1974.-т.1.-276 с.

43. Печук И.М. Системы разработки пластов с внезапными выделениями газа // Уголь.-1937.- №95.

44. Шатилов В.А. Зональность и внезапность выбросов угля и газа на шахтах Донбасса. – М.: Госгортехиздат, 1962.

45. Jarlie M. Le mecanisme des degagement instantanes de gaz et solidas //Revue de l'industrie Minerale.- 1931.- №№ 262, 263.
46. Чернов О.И., Пузырев В.Н. Прогноз внезапных выбросов угля и газа. – М.: Недра, 1979. – 296 с.
47. Ржевский В.В., Бурчаков А.С., Ножкин Н.В. К вопросу о механизме выбросов угля и газа в шахтах //Уголь.- 1974.- №12. – С. 23-29.
48. Петросян А.Э., Клебанов Ф.С. Об энергии метана в угольных шахтах // Уголь.- 1976.- №3. – С. 35-37.
49. Эттингер И.Л., Еремин И.В. Диффузионно-генетическая классификация пустот в ископаемых углях //Химия твердого топлива.-1973.- №1.- С.57-61.
50. Ольховиченко А.Е. К вопросу о природе и механизме выбросов угля, породы и газа в шахтах. – Киев: Наукова думка, 1973.
51. Эттингер И.Л. Внезапные выбросы угля и газа и структура угля. – М.: Недра, 1969.- 160 с.
52. Айтпаева А.Р., Исабек Т. К., Воробьев А.Е. Геологиялык бұзылыстараймағында көмір мен газдың кенеттен тұтануы пайда болу механизмі // V Международной научно-практической конференций «НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ: ВЫЗОВЫ XXI века». 2019.- 113 с. (с. 50-53)
53. Премыслер Ю.С. Структура угля как показатель выбросоопасности угольных пластов. В кн. Борьба с внезапными выбросами в угольных шахтах. – М.: Госгортехиздат, 1962. – С. 582-590.
54. Бобров И.В. Способы безопасного проведения подготовительных выработок на пластах, опасных по выбросам. – М.: Госгортехиздат, 1961.
55. Бобров И.В., Кричевский Р.М., Михайлов В.И. Внезапные выбросы угля и газа на шахтах Донбасса. М.: Углетехиздат, 1954.
56. Пузырев В.Н. Текущий прогноз газодинамических явлений в подготовительных выработках угольных шахт: Автореф. дис. ...д-ра техн. наук. – М., 1984. – 32 с.
57. Лехницкий С.Г. Теоретические исследования напряжений в упругом анизотропном массиве вблизи подземной выработки эллиптического сечения // Труды по вопросам горного давления, сдвижения горных пород и методики маркшейдерских работ. – Л.: ВНИМИ, 1962, вып. 14 – С. 20 – 28.
58. Динник А.Н. О давлении горных пород и расчёт крепи круглой шахты // Инженерный работник, 1925, № 7 – С. 1 – 12.
59. Айтпаева А.Р., Исабек Т. К., Турганбаев Ж. О. Ведение работ при труднообрушаемой кровле // Труды Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 9), 22-23 июня 2017 г. – С. 269-271.
60. Айтпаева А.Р., Ж.О.Турганбаев. Контроль состояния угольного массива // Труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 155-летию со дня рождения

академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию.

61. A.J. Abbo and S.W. Sloan. A Smooth Hyperbolic Approximation to the Mohr – Coulomb Yield Criterion // *Computers and Structures*, vol. 54, no.3, pp. 427-441, 1995.

62. Мещанинов С.К. Методы моделирования и управления надежностью функционирования горных выработок. - Днепропетровск, НГУ, 2012.- 360с.

63. Либерман Ю.М. Давление на крепь капитальных выработок. – М., 1969.- 421с.

64. Амусин Б.З., Фадеев А.Б. Метод конечных элементов при решении задач горной геомеханики. – М.: Недра, 1975. — 144 с.

65. B. Bresler, K.S. Pister. Strength of Concrete Under Combined Stresses // *ACI Journal*, vol.551, no.9, pp. 321 – 345, 1958.

66. K.J. Willam and E.P. Warnke. Constitutive Model for the Triaxial Behavior of Concrete // *IABSE Reports of the Working Comissions Colloquium (Bergamo): Concrete Structures Subjected*, vol. 19, 1974. P

67. V. Marinos, P.Marinos and E.Hock. The Geological Strength Index: Applications and Limitations // *Bull. Eng. Geol. Environ*, vol. 64, pp. 55-65, 2005.

68. W.F. Chen and E. Mizuno, *Nonlinear Analysis in Soil Mechanics: Theory and Implementation (Developments in Geotechnical Engineering)*, 3rd ed., Elsevier Science, 1990.

69. Зыков В.С. Факторы и свойства горного массива, определяющие вид опасности по геодинамическим явлениям // *Физические процессы горного производства*.- С. 9-17.

70. Сергиенко А.И., Воробьев В.Д. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния выбросоопасного массива / *Вісті Донецького гірничого інституту*, №1(36)-2(37), 2015.

71. Елкин И.С., Гуров Д.Е., Чернакова А.Д. Моделирование динамических явлений в подготовительной выработке / *Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием. Современные проблемы в горном деле и методы моделирования горно-геологических условий при разработке месторождений полезных ископаемых. Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева 17-19 ноября 2015 г.*

72. Черданцев Н.В. Геомеханическое состояние массива горных пород вокруг выработки и геологического нарушения // *Вест. КузГТУ*.-2008.-№ 2.- С. 14-16

73. Черданцев Н.В. Исследование состояния анизотропного массива горных пород в окрестности выработки, пройденной вблизи дизъюнктивного нарушения // *Вестник КузГТУ*.-№6, 2014,- С. 3-12.

74. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1966.- 724с.

75. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. Учебник под ред. Г.С. Варданяна – М., Издательство АСВ, 1995.— 568 с.

76. Дашченко А.Ф., Кириллов В.Х., Коломиец Л.В., Оробей В.Ф. Матлаб в инженерных и научных расчетах. –Одесса: «Астропринт», 2003.- 212 с.
77. Потемкин В.Г. Система инженерных и научных расчетов МАТЛАБ. В 2-х томах.
78. Ходжаев Р.Р. Теоретические основы прогноза и предупреждения газодинамических явлений в угольных шахтах Дисс. докт. техн. Наук. – Караганда, 2009.
79. Черданцев Н.В. Устойчивость целиков около системы выработок прямоугольного поперечного сечения, 2014.
80. Айтпаева А.Р., Исабек Т.К., Хуанган Н., Шаймерденова Р.Т. Моделирование выбросоопасного состояния массива с дизъюнктивным нарушением и горной выработкой методом конечных элементов // Журнал «Уголь», г. Москва, № 6-2020, – С. 55-61. (Скопус)
81. Ракишев Б.Р., Молдабаев С.К., Саменов Г.К., Шашенко А.Н., Ковров А.С. Анализ критериев прочности применительно к оценке устойчивости бортов карьеров и отвалов, 2013.
82. Шашенко О.М., Сдвижкова О.О., Гапеев С.М. Деформируемость и прочность массивов горных пород: Моно-графия. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2008. – 224 с.
83. Айтпаева А.Р. Методологический подход к формированию решений по предотвращению выбросоопасности угольного пласта в зоне геологических нарушений // Труды Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 10), 14-15 июня 2018 г. – С. 23-26.
84. Айтпаева А.Р., Мазах Б., Исабек Т.К. Противовыбросные мероприятия при разработке угольных пластов в Карагандинском угольном бассейне // Журнал «Труды университета». № 2(49), 2018 г. – С.59-62. (ККСОН)
85. Айтпаева А.Р., Исабек Т.К., Хуанган Н. Мероприятия по предотвращению выбросоопасности угольных пластов в зонах геологических нарушений // ВКГТУ №1, 2019 г., март – С. 68-75 (ККСОН).
86. Айтпаева А.Р., Хуанган Н., Уалкан Е.А. Предотвращение выбросоопасности угольных пластов в зонах геологических нарушений путем гидродинамического воздействия на сѐлем через скважины с поверхности // Журнал «Труды университета». –2019 г. –№ 1, (ККСОН). – С.????
87. Айтпаева А.Р., Ж.О.Турганбаев, Т.К. Исабек. Региональные мероприятия по борьбе с внезапными выбросами угля и газа // Труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири, Том 2, Томск, Россия, 2018 .- С. 528.
88. Временная инструкция по определению безопасного расстояния между полевой газодренажной выработкой и выбросоопасным пластом //РГКП

НИЦ горноспасателей РК МЧС РК: Утв. Деп-т ЧС по Карагандинской обл. МЧС РК – Караганда: АО «АрселорМиттал Темиртау», 2008. – 43 с.

89. Технологические схемы подготовки и отработки высокогазоносных, выбросоопасных и пожароопасных угольных пластов на шахтах УД АО «АрселорМитталТемиртау» (первая редакция). Караганда, 2010.

90. Временная инструкция по определению безопасного расстояния между полевой газодренажной выработкой и выбросоопасным пластом//РГКП НИЦ горноспасателей РК МЧС РК: Утв. Деп-т ЧС по Карагандинской обл. МЧС РК – Караганда: АО «АрселорМиттал Темиртау», 2008. – 43 с.

91. Технологические схемы подготовки и отработки высокогазоносных, выбросоопасных и пожароопасных угольных пластов на шахтах УД АО «АрселорМитталТемиртау» (первая редакция). Караганда, 2010.

92. Айтпаева А.Р., Исабек Т.К., Хуанган Н. Анализ ведения горных работ на выбросоопасных угольных пластах в зонах геологических нарушений // Международная научно-практическая конференция «Инновации в области естественных наук как основа экспортоориентированной индустриализации Казахстана» // 2019, март.

93. Айтпаева А.Р., Досбол Н., Портнов В.С. Определение влаги, зольности и выхода летучих веществ угля // Сборник материалов X Международной научно-практической конференции «Геология в развивающемся мире» (ПГНИУ, г. Пермь, 18-21 апреля 2017 г.); - С. 53-54.

94. Баклашев И.В., Картозия Б.А. Механика горных пород. – М.: Недра, 1975. – 271 с.

95. Родин И.В. К вопросу о влиянии выработок на напряжённое состояние горного массива // Известия АН СССР. – М.: ОН, 1950, №12. – С. 21 – 24.

96. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. Учебник для ВУЗов. – М.: Недра, 1989. – 270 с.

97. Руппенейт К.В. Некоторые вопросы механики горных пород. – М.: Углетехиздат, 1954. – 384 с.

98. Савин Г.Н. Распределение напряжений около отверстий. – Киев: Наукова думка, 1968. – 887 с.

А ҚОСЫМШАСЫ – Диссертациялық жұмыс нәтижесін оқу үрдісіне еңгізу туралы акт

«УТВЕРЖДАЮ»

Член Правления-

Проректор

по академическим вопросам

**НАО «Карагандинский
технический университет
имени Абылкаса Сагинова»**

А. Темербаева

2022г.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

Настоящим актом подтверждаю использование результатов диссертации Айтпаевой Арайлым Рымбековны «Разработка противовыбросных мероприятий при проведении горных работ в зоне геологических нарушений», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070700 - «Горное дело», НАО «Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова» на кафедре «Геология и разведка месторождения полезных ископаемых».

В рамках организации учебного процесса проведения лекционных занятий по дисциплине «Рудничная и шахтная геология» были внедрены результаты анализа исследований докторской диссертации на тему «Разработка противовыбросных мероприятий при проведении горных работ в зоне геологических нарушений». В частности, была присвоена тема лекций для студентов бакалавриата 4 курса образовательной программы 6B07201 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

Название лекции №6: «Теоретические аспекты формирования и проявления газодинамических явлений в зонах геологических нарушений».

Краткая аннотация: Проведение очистных и подготовительных горных выработок – это технологическое вмешательство в сложившееся природное состояние массива, которое неизбежно сопровождается нарушением его естественного изначального напряжённо-деформированного состояния. В конечном итоге происходит перераспределение напряжений и развитие деформаций в окрестности поверхности обнажения. Следствием технологического нарушения естественного напряжённо-деформированного состояния являются механические процессы, которые приводят к формированию нового равновесного напряжённо-деформированного состояния массива. Образуется новое поле напряжений, которое отличается от начального распределением и величиной концентрацией напряжений вблизи поверхности обнажения.

Согласно теории и практике изучения состояния горного массива вследствие взаимодействия внешних и внутренних сил, установившемуся

полю напряжений в окрестности выработки соответствует вполне определённое поле перемещений. Условно можно выделить упругую и неупругую составляющие перемещений породного массива.

Упругие перемещения происходят практически мгновенно со скоростью распространения упругих волн в массиве. Величины упругих перемещений очень малы и, как правило, составляют всего лишь несколько процентов от конечных перемещений. Неупругие перемещения более значительны и развиваются со временем. Их величина может в несколько раз превосходить величину упругих перемещений, особенно при большой глубине заложения выработок и пучащих породах.

До проведения выработок нетронутый массив испытывает начальные напряжения (начальное поле напряжений), вызываемое собственным весом пород и продолжающимися тектоническими процессами. Горные породы в массиве находятся в объёмном напряжённом состоянии (испытывают, как правило, всестороннее сжатие). Напряжения – это по существу не что иное, как мера внутренних сил, вызываемых воздействием внешних сил, в каждой конкретной точке деформируемого тела. Существенная особенность напряжённо-деформированного состояния массива пород, в котором проходят горную выработку, заключается в том, что выработка образуется в заранее напряжённом массиве, в массиве с установившимся полем начальных напряжений. Это начальное поле напряжений и обуславливает равновесное состояние массива, которое нарушается в результате технологического вмешательства.

В настоящее время известны достаточно много гипотез, объясняющих механизмы деформации угольных пластов и вмещающих пород. На их основе формируются и предлагаются методики расчёта величин нагрузок и смещений как на контуре выработки, так и вблизи неё. Методы прогнозирования величин деформации выработок непосредственно связаны с принятием в качестве рабочей той или иной гипотезы горного давления. Принятие такой гипотезы может иметь принципиальное значение с точки зрения прогнозирования возможности возникновения газодинамических или геодинамических явлений. Особенно важно правильно оценить правомерность и научно-практическую обоснованность этих гипотез, а, следовательно, и методов расчёта, в зонах тектонических нарушений самого различного характера.

Теоретически методы решения задач механики горных пород и массива, позволяющие получить приемлемые результаты, как правило, требуют некоторой идеализации среды. В зависимости от степени идеализации среды, принятой в конкретной гипотезе, горный массив описывается соотношениями, свойственными для классических упругих, пластических и реологических моделей.

Однако, полученные в этих исследованиях результаты не всегда позволяют объяснить динамические явления в сложных горных массивах.

Эффект от внедрения: Методология исследований и использование фундаментальных положений аэрогазодинамики и геомеханики при создании

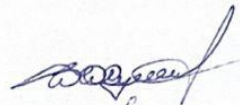
моделей, обоснованностью принятых исходных предпосылок и соответствием полученных выводов при анализе результатов натурных шахтных наблюдений дает возможность для студентов получать более точные результаты расчётов и экспериментальных исследований на численных моделях для условий Карагандинского бассейна.

Методы теории упругости изотропного и анизотропного тела дают возможность описать качественную картину процесса механического нарушения массива после проходки выработки и дать математическую интерпретацию явления. Данный теоретический материал был собран в рамках докторской диссертации в 2 главе «Теоретические аспекты формирования и проявления газодинамических явлений в зонах геологических нарушений».

Место и время внедрения: Были проведены исследования в лаборатории ТОО НИЦ ГеоМарк и применены в учебном процессе в НАО «Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова» на кафедре «Геология и разведка месторождения полезных ископаемых» для студентов бакалавриата 4 курса образовательной программы 6B07201 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» на 7 семестре обучения.

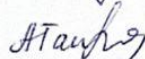
Форма внедрения: Лекция по дисциплине «Рудничная и шахтная геология» на тему «Теоретические аспекты формирования и проявления газодинамических явлений в зонах геологических нарушений».

И.о. директора ДНИИ



Б.Сулеев

Руководитель УПО



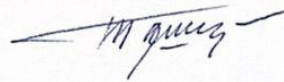
А.Шахатова

**И.о.зав.кафедрой ГРМПИ,
PhD**



Ф.Исатаева

**Научный консультант,
д.т.н., профессор кафедры
РМПИ**



Т.Исабек

**Научный консультант,
PhD кафедры РМПИ**



Н.Хуанпан

Докторант



А.Айтпаева

Б ҚОСЫМШАСЫ – Ғылыми зерттеулердің нәтижелерін өндірістік қызметіне еңгізу актісі



www.nicgeomark.kz

100012, Қарағанды қ., Терешкова к., 18-2

РНН 302000226390

БИН 020940004860

НИК KZ246017191000001974

«Қазақстан Халық банкі» АҚ

SWIFT БИК HSBKZKX

тел/факс +7 7212 564 079

+7 7212 564 564

E-mail: info@nicgeomark.kz

01-11/156 от 28.11.22

Товарищество с ограниченной ответственностью

«Научно-инженерный центр

«ГеоМарк»

(Аттестован МИНР РК № KZ79VEK00009883 от 22.12.2019 г. и № KZ17VEK00011096 от 02.12.2020 г.)

100012, г. Караганда, ул. Терешковой, 18-2

РНН 302000226390

БИН 020940004860

НИК KZ246017191000001974

АО «Народный банк Казахстана»

SWIFT БИК HSBKZKX

тел/факс +7 7212 564 079

+7 7212 564 564

E-mail: info@nicgeomark.kz

Диссертационный совет по специальностям
8D07201 «Геология и разведка месторождений
полезных ископаемых», 8D07202 «Горное дело»,
6D070600 «Горное дело», 6D070600 «Геология и
разведка месторождений полезных ископаемых»
при НАО «Карагандинский технический
университет имени Абылкаса Сагинова»

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе:

Ходжаев Р.Р. — директор ТОО «НИЦ «ГеоМарк», д.т.н.;

Атыгаев Р.К. — заведующий лабораторией ТОО «НИЦ «ГеоМарк», к.т.н; составили
настоящий акт в том, что основные положения диссертационной работы Айтпаевой А.Р.
«Разработка противовыбросных мероприятий при проведении горных работ в зоне
геологических нарушений» докладывались и получили одобрение на заседании Научно-
технического Совета ТОО «Научно-инженерный центр «ГеоМарк». Результаты
проведенных исследований можно охарактеризовать как научно обоснованные
разработки, имеющие практическую ценность и рекомендуются к внедрению и
использованию для принятия научно-обоснованных решений при разработке проектов
отработки выемочных участках по высокогазоопасным пластам на шахтах
Карагандинского бассейна.

Настоящим актом подтверждаем положительные итоги внедрения научно-
практических результатов диссертации, которые планируются к использованию в
будущих проектах по предотвращению газодинамических явлений, реализуемых
«Научно-инженерным центром «ГеоМарк».

Данный акт внедрения не является основанием для предъявления каких-либо
финансовых претензий, а также требований, связанных с авторскими правами.

Директор

Заведующий лабораторией

Р.Р. Ходжаев

Р.К. Атыгаев

KZ_3510959.07.03.00832



ISO 9001:2016

Система
менеджмента качества

В ҚОСЫМШАСЫ – Авторлық құқығымен қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік тізілімге мәліметтерге енгізу туралы куәлік



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

**АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫҢ
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ
КУӘЛІК**

2019 жылғы « 7 » наурыз № 2174

Автордың (лардың) жөні, аты, екісінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):
АЙТПАЕВА АРАЙЛЫМ РЫМБЕКОВНА

Авторлық құқық объектісі: ғылыми туынды
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ РЕШЕНИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ
Объектінің атауы: ВЫБРОСООПАСНОСТИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

Объектіні жасаған күні: 17.05.2018

СВИДЕТЕЛЬСТВО
**О ВНЕСЕНИИ СВЕДЕНИЙ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕЕСТР
ПРАВ НА ОБЪЕКТЫ, ОХРАНЯЕМЫЕ АВТОРСКИМ ПРАВОМ**

№ 2174 от « 7 » марта 2019 года

Фамилия, имя, отчество, (если оно указано в документе, удостоверяющем личность) автора (ов):
АЙТПАЕВА АРАЙЛЫМ РЫМБЕКОВНА

Вид объекта авторского права: произведение науки
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ РЕШЕНИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ
Название объекта: ВЫБРОСООПАСНОСТИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

Дата создания объекта: 17.05.2018





Құжат түпнұсқасын <http://www.kazpatent.kz/ru> сайтының
"Авторлық құқық" бөлімінде тексеруге болады <https://copyright.kazpatent.kz>
Подлинность документа возможно проверить на сайте kazpatent.kz
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

Подписано ЭЦП Батаева К. О.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

**АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫҢ
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ**

КУӘЛІК

2019 жылғы «19» наурыз № 2352

Автордың (лардың) жөні, аты, өкесінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):

АЙТПАЕВА АРАЙЛЫМ РЫМБЕКОВНА, ХУАНГАН НУРБОЛ, ИСАБЕК ТҮЯҚ КӨПЕЙІҰЛЫ

Авторлық құқық объектісі: ғылыми туынды

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ВЫБРОСОПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ЗОНАХ

Объектінің атауы: ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Объектіні жасаған күні: 15.11.2018

СВИДЕТЕЛЬСТВО

**О ВНЕСЕНИИ СВЕДЕНИЙ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕЕСТР
ПРАВ НА ОБЪЕКТЫ, ОХРАНЯЕМЫЕ АВТОРСКИМ ПРАВОМ**

№ 2352 от «19» марта 2019 года

Фамилия, имя, отчество, (если оно указано в документе, удостоверяющем личность) автора (ов):

АЙТПАЕВА АРАЙЛЫМ РЫМБЕКОВНА, ХУАНГАН НУРБОЛ, ИСАБЕК ТҮЯҚ КӨПЕЙІҰЛЫ

Вид объекта авторского права: произведение науки

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ВЫБРОСОПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ЗОНАХ

Название объекта: ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Дата создания объекта: 15.11.2018



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

Подлинность документа возможно проверить на сайте kazpatent.kz
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

Подписано ЭЦП

Батаева К. О.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫҢ
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ

КУӘЛІК

2020 жылғы «6» наурыз № 8639

Автордың (лардың) жөні, аты, әкесінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):
ХУАНГАН НУРБОЛ, АЙТПАЕВА АРАЙЫМ РЫМБЕКОВНА, ШАЙМЕРДЕНОВА РЫМТАЙ
ТОКЕНОВНА

Авторлық құқық объектісі: ҒЫЛЫМИ ТУЫНДЫ

Объектінің атауы: МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫБРОСООПАСНОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА С
ДИЗЬЮНКТИВНЫМ НАРУШЕНИЕМ И ВЫРАБОТКОЙ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Объектіні жасаған күні: 14.02.2020



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

Подлинность документа возможно проверить на сайте kazpatent.kz
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

Подписано ЭЦП

Абулкаиров Н.А.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫҢ
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ

КУӘЛІК

2020 жылғы «21» ақпан № 8350

Автордың (лардың) жөні, аты, әкесінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):
АЙТПАЕВА АРАЙЫМ РЫМБЕКОВНА, ХУАНГАН НУРБОЛ

Авторлық құқық объектісі: **ҒЫЛЫМИ ТУЫШДЫ**

Объектінің атауы: **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЕЙ НАРЯЖЕНИЙ В УГЛЕПОРОДНОМ
МАССИВЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВЫРАБОТКИ В БЛИЗИ РАЗРЫВНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
НАРУШЕНИЯ**

Объектіні жасаған күні: **19.02.2020**



Құжат түпнұсқасының <http://www.kazpatent.kz/rus/saytyнын>
"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>

Подписано ЭЦП

Абулкаиров Н.А.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫҢ
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ

КУӘЛІК

2021 жылғы «17» маусым № 18796

Автордың (лардың) жөні, аты, әкесінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):
АЙТПАЕВА АРАЙЛЫМ РЫМБЕКОВНА, Хуанган Нурбол

Авторлық құқық объектісі: **ҒЫЛЫМИ ТУЫНДЫ**

Объектінің атауы: **ПРОТИВОВЫБРОСНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ
ПЛАСТОВ В КАРАГАНДИНСКОМ УГОЛЬНОМ БАССЕЙНЕ**

Объектіні жасаған күні: **10.06.2021**



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

Подлинность документа возможно проверить на сайте kazpatent.kz
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

ЭЦҚ қол қойылды

Оспанов Е.К.

Г ҚОСЫМШАСЫ – Ресей Федерациясы, Мәскеу қаласының «МИСиС»
Ұлттық зерттеу технологиялық университетінде» ғылыми тағылымдамадан
өткені туралы сертификат

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» УДОСТОВЕРЕНИЕ О ПОВЫШЕНИИ КВАЛИФИКАЦИИ 180001315072 Регистрационный номер ЦИОП-147-2018 Города Москва Дата выдачи 21 февраля 2018 г.	Настоящее удостоверение свидетельствует о том, что Айшаева Арайлым Рымбековна прошла(а) повышение квалификации в (на) Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» с 12 февраля 2018г. по 21 февраля 2018г. по дополнительной профессиональной программе «Геомеханическое состояние массива горных пород как фактор устойчивости подземных горных выработок» в объеме 72 ак. часа  Петров В.Л.
---	---

Д ҚОСЫМШАСЫ – Украина мемлекеті, Киев қаласының «Тарас Шевченко атындағы Киев ұлттық университетінде» ғылыми тағылымдамадан өткені туралы сертификат



Е ҚОСЫМШАСЫ – Геологиялық бұзылыстар аймақтарында лақтырылыс қауіпті қабаттар бойынша тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде қазба контурының бұзылыс учаскелерін окшаулаудың жетілдірілген сандық инженерлік әдістемесі

Приложение А



www.nicgeomark.kz

Товарищество с ограниченной ответственностью
**«Научно-инженерный центр
«ГеоМарк»**

(Аттестован МННП РК № KZ79VEK00009883 от 26.12.2019 г. и № KZ17VEK00011096 от 02.12.2020 г.)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор
ТОО НИЦ «ГеоМарк»

д.т.н. Ходжаев Р.Р.



**ЧИСЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА
ЛОКАЛИЗАЦИИ УЧАСТКОВ РАЗРУШЕНИЯ КОНТУРА ВЫРАБОТКИ
ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ
ПО ВЫБРОСООПАСНЫМ ПЛАСТАМ
В ЗОНАХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ**

Караганда 2022

Методика предназначена для оценки и локализации участков разрушения контура горной выработки при внезапных выбросов угля и газа в условиях проведения выработок по выбросоопасным пластам в зоне геологических нарушений Карагандинского угольного бассейна. Она расширяет возможности повышения уровня безопасности при разработке мероприятий по предупреждению газодинамических явлений в комплексе с действующими нормативными документами и инструкциями. Она может быть использована специалистами угольных шахт, проектных и научно-исследовательских организаций в практике прогноза газодинамических явлений при синтезе технологических схем подготовки выемочных участков на выбросоопасных пластах.

Методика разработана ТОО «Научно-инженерный центр «ГеоМарк» и кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых Карагандинского технического университета.

В подготовке инструкции принимали участие
от ТОО Научно-инженерный центр «ГеоМарк»:
д.т.н. Ходжаев Р.Р. (Руководитель авторского коллектива)

от НАО «Карагандинский технический Университет»:
д.т.н. Портнов В.С., к.т.н. Асаинов С.Т., Айтпаева А.Р.

ВВЕДЕНИЕ

Внезапные выбросы угля и газа на шахтах Карагандинского бассейна происходят с 1959 года. Всего за 60 лет (до 2019 г.) в бассейне зарегистрировано 59 внезапных выбросов.

Все внезапные выбросы в Карагандинском бассейне произошли в зонах геологических нарушений и в зонах нарушенного угля. Объясняется это прежде всего тем, что угольные пласты, склонные к внезапным выбросам угля и газа, отличаются сложным строением, наличием малопрочных пачек с трудно прогнозируемой тектонической нарушенностью и перемятостью, что уменьшает их устойчивость. Практика показывает, что всего около 10% переходимых горными работами геологических нарушений являются выбросоопасными, но при этом спрогнозировать нарушение заранее, на стадии геологоразведочных работ, удаётся лишь в не более, чем в 15% случаев. И потому проблема прогнозирования тектонически нарушенных зон безусловно является актуальной для шахт, разрабатывающих выбросоопасные пласты.

Специалистами НИЦ «ГеоМарк» совместно с кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых КарГТУ уже многие годы выполняются исследования, целью которых является повышение эффективности мероприятий по прогнозу и предупреждению газодинамических явлений при проведении выработок по выбросоопасным и особо выбросоопасным пластам Карагандинского угольного бассейна.

Актуальность проблемы прогнозирования зон разрушений вокруг выработки, особенно при ведении горных работ вблизи тектонически нарушенных зон, вызвал необходимость разработки методики оценки и локализации участков разрушения контура подготовительной выработки, проводимой по выбросоопасному пласту.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая «Методика...» разработана в соответствии с «Правилами обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов угольных шахт», утверждёнными приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30.12.2014 г. № 351.

1.2 Положения «Методики...» предназначены для рабочих и инженерно-технических работников на действующих и строящихся угольных предприятиях, а также для работников научно-исследовательских, проектных и других организаций Карагандинского угольного бассейна.

1.3 Согласно действующей в бассейне «Инструкции по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа» (Караганда, 1995) шахтопласты по категориям опасности по внезапным выбросам угля и газа подразделяются на невыбросоопасные, угрожаемые, выбросоопасные и особо выбросоопасные.

Категории опасности шахтопласта по внезапным выбросам угля и газа определяются согласно п. 1.2 «Инструкции...» и ежегодно уточняются межведомственной комиссией.

Требования настоящей Методики распространяются на все шахтопласты Карагандинского бассейна, кроме пластов, отнесённых к категории «невыбросоопасные».

1.4 На шахтах Карагандинского угольного бассейна при ведении горных работ на выбросоопасных и угрожаемых шахтопластах выполняется комплекс мероприятий, регламентированных «Инструкцией...». Особое внимание уделяется работам, проводимым в зонах геологических нарушений.

Шахтопласты или участки в зонах активных по внезапным выбросам тектонических нарушений*, а также в зонах ПГД, осложнённых геологическими нарушениями, относятся к категории «особо выбросоопасные».

1.5 При ведении горных работ в зонах геологических нарушений должны соблюдаться требования, изложенные в Приложении 1 «Инструкции...» и регламентирующие выполнение эксплуатационной разведки, текущей разведки и разведки элементов тектонической нарушенности при вскрытии пласта.

1.6 Процесс проведения выработки в горном массиве сопровождается разрушением угля (пород) на некотором расстоянии от контура выработки. Проведение выработки вблизи зон геологических нарушений может спровоцировать газодинамическую активность тектонически нарушенной зоны угольного пласта. Актуальность проблемы прогнозирования зон разрушений вокруг выработки при проведении ее вблизи тектонически нарушенных зон вызвала необходимость разработки методики оценки и локализации участков разрушения.

* К активным тектоническим нарушениям относятся нарушения, при пересечении которых имели место газодинамические явления.

2. ОЦЕНКА ЛОКАЛИЗАЦИИ УЧАСТКОВ РАЗРУШЕНИЯ КОНТУРА ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ ПРИ ВЫБРОСАХ УГЛЯ И ГАЗА В ЗОНЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ЧИСЛЕННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА ВПЕРЕДИ ЗАБОЯ ВЫРАБОТКИ

2.1 Алгоритм численного моделирования потери сплошности (разрушения) массива между забоем выработки и геологическим нарушением.

С физической точки зрения потеря сплошности (или разрушение) углепородного массива происходит при условии превышения действующих в массиве напряжений над пределом прочности материала массива в сложившемся напряженно-деформированном состоянии. Для оценки соотношения этих физико-механических величин и для описания условия предельного состояния горных пород в геомеханике часто используется критерий (или теория прочности) Кулона-Мора

$$|\tau| = K + \sigma_n \cdot \operatorname{tg}(\varphi), \quad (1)$$

где K – сцепление, МПа, φ – угол внутреннего трения, градус, τ и σ_n — соответственно, касательные и нормальные напряжения, МПа.

В терминах главных напряжений этот критерий записывается в виде

$$\sigma_1 = \vartheta \cdot \sigma_3 + \sigma_c, \quad (2)$$

где σ_c - прочность породы при одноосном сжатии, МПа;

σ_1 и σ_3 — максимальные и минимальные главные напряжения, МПа;

ϑ - параметр объемной прочности породы, определяемый по углу внутреннего трения

$$\vartheta = \frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)} \quad (3)$$

В настоящей «Методике...» принято неравнокомпонентное напряженно-деформированное состояние горного массива, характеризующееся соотношением между главными нормальными напряжениями

$$|\sigma_1| > |\sigma_2| = |\sigma_3| \quad (4)$$

Соотношение (2) целесообразно представлять в виде

$$\Delta\sigma = \sigma_1 - (\vartheta \cdot \sigma_3 + \sigma_c), \quad (5)$$

в котором используются значения первого (наибольшего) главного напряжения σ_1 , а вместо σ_3 - второго (наименьшего) главного напряжения σ_2 .

Если величина $\Delta\sigma > 0$, т.е. действующее главное нормальное напряжение больше сопротивления разрушению породы, то эта область массива является зоной нарушения сплошности массива и, в терминах инженерных исследований, возможной зоной формирования очага гео-газодинамического явления.

В случаях, когда главные напряжения имеют разные знаки, и упорядочены по абсолютному значению $|\sigma_1| > |\sigma_2|$, по теории прочности Кулона-Мора разрушение массива определяется по следующим правилам:

1. $\sigma_1 < 0$, $\sigma_2 < 0$, т.е. оба главных напряжения сжимающие; в этом случае критерий разрушения имеет вид

$$k = |\sigma_1| / [\sigma_{сж}] > 1; \quad (6)$$

2. $\sigma_1 > 0$, $\sigma_2 > 0$, т.е. оба главных напряжения растягивающие; в этом случае критерий разрушения имеет вид

$$k = \sigma_1 / [\sigma_p] > 1; \quad (7)$$

3. $\sigma_1 > 0$ (растяжение), $\sigma_2 < 0$ (сжатие); в этом случае критерий разрушения имеет вид

$$k = \{(\sigma_1 / [\sigma_p]) + (|\sigma_2| / [\sigma_{сж}])\} > 1; \quad (8)$$

4. $\sigma_1 < 0$ (сжатие), $\sigma_2 > 0$ (растяжение); в этом случае критерий разрушения имеет вид

$$k = \{(|\sigma_1| / [\sigma_{сж}]) + (\sigma_2 / [\sigma_p])\} > 1. \quad (9)$$

Обозначения: $|\sigma|$ - абсолютная величина действующего напряжения, МПа;
 $[\sigma]$ - допустимая величина предела прочности материала, МПа.

При инженерной оценке разрушения участка контура выработки и принятия эффективного решения по разработке предупредительных мер можно пользоваться критериями (5) или (6) – (9), или всем комплексом критериев в целях получения наиболее надежных оценок.

2.2 Прогнозирование участков контура выработки с возможным возникновением газодинамического явления

Числовые значения главных напряжений σ_1 и σ_2 определяются численным моделированием напряженно-деформированного состояния массива между геологическим нарушением и забоем выработки с помощью известных

программных пакетов (ANSYS, COMSOL, MATLAB и т.п.), которые специально разработаны для научных и инженерных исследований.

Разрывное нарушение, а именно сечение пространства между поверхностями смещенных частей массива моделируется на расчетной схеме в виде узкой щели шириной несколько сантиметров, определенной протяженностью S и отстоящей от сечения забоя выработки на расстоянии d .

В среде любой из вышеприведенных систем первоначально строится расчетная схема для численного моделирования напряженно-деформированного состояния исследуемого массива. На схеме указываются геометрические размеры выработки и нарушения, а также их взаимное расположение (рисунок 1).

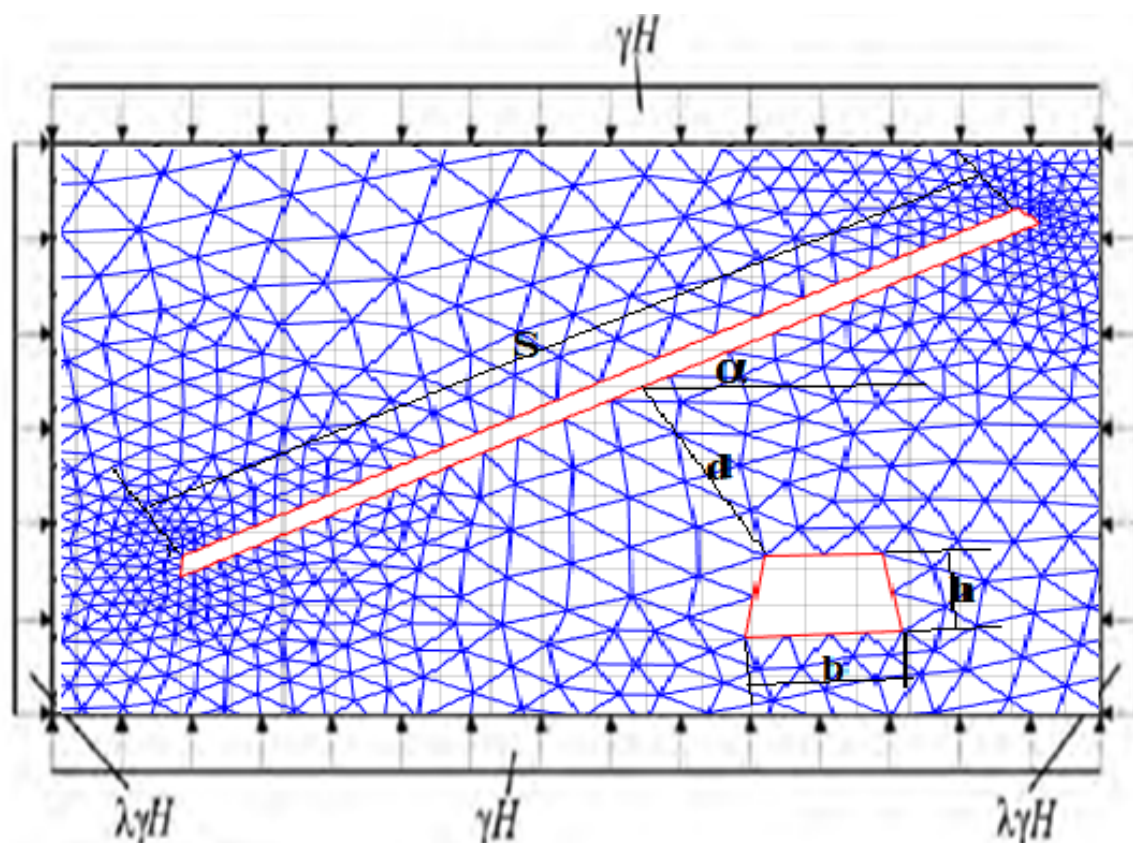


Рисунок 1 – Расчетная схема численной модели

Принято, что направление трассы выработки параллельно плоскости сместителя нарушения. Тогда в сечении плоскости, перпендикулярной оси выработки, пространство смещения между боками (висячим и лежащим) дизъюнктивного нарушения можно представить в виде узкой щели, как показано на рисунке 1. Это позволяет применить и решать задачу напряженно-деформированного состояния массива в плоской постановке, т.е. достаточно определить главные нормальные напряжения σ_1 и σ_2 .

В зависимости от литологического состава массива между нарушением и забоем выработки определяются и вводятся в модель численные значения физико-механических свойств:

модуль упругости (модуль Юнга) E , МПа;
коэффициент Пуассона ν ;
предел прочности на одноосное сжатие (на образцах), МПа.

Объемный вес γ налегающей толщи пород и глубина H ведения горных работ используются для вычисления и ввода массовых сил, величин напряжений в граничных условиях.

Каждый из программных пакетов (сред), используемый для численного моделирования НДС, имеет свою специфическую форму вывода главных нормальных напряжений. Важно то, чтобы можно было определить численные значения главных напряжений в любой точке по контуру выработки (по бортам, кровле и почве см. рисунок 2) с интервалом 0,2–0,5 м.

Таким свойством, выводить графическое поле требуемого показателя НДС обладают программные пакеты (среды) COMSOL и MATLAB, которые вычисляют величины не по геометрии, а по рабочей плоскости расчетной схемы. Чем меньше интервал, тем точнее уравнение аппроксимации и последующий прогноз участка разрушения. Расстояние от контура выработки в пределах 5–10 м в зависимости от изменчивости численных значений напряжений.

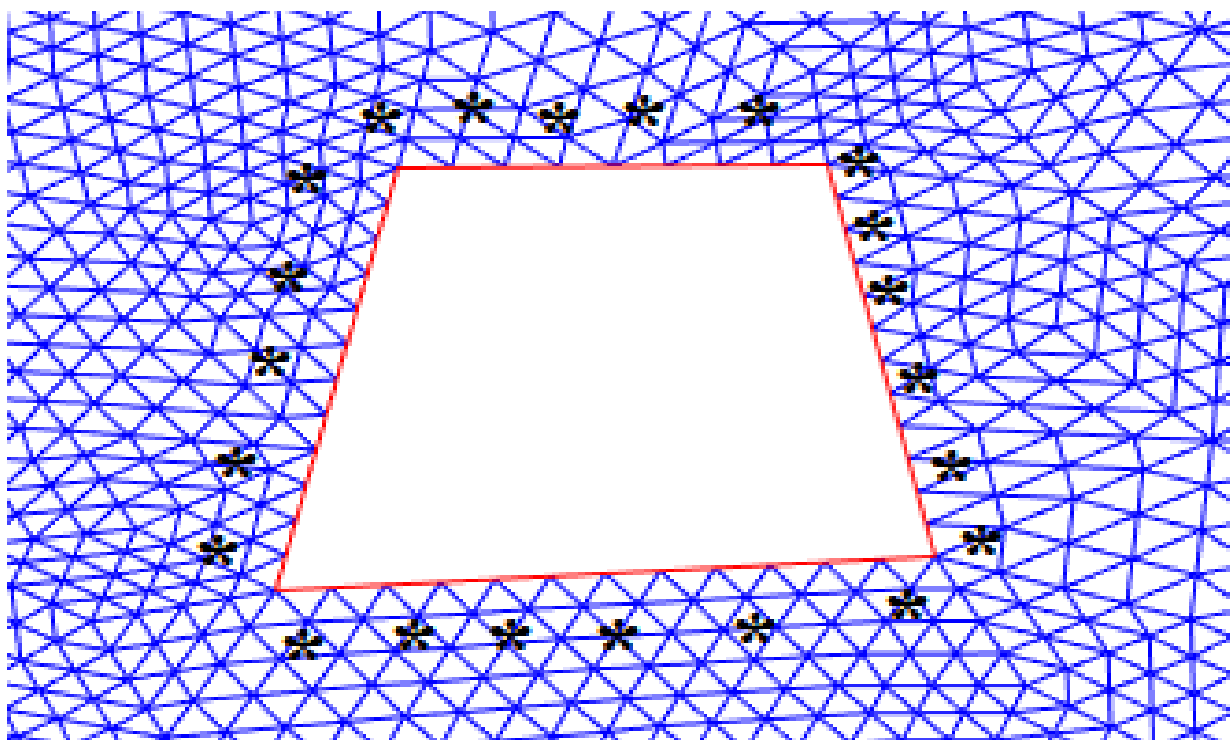


Рисунок 2 – Схематичное представление точек отсчета главных напряжений по контуру выработки

По полученным численным значениям главных напряжений и расстояниям между точками определяются уравнения аппроксимации для вычисления величин напряжений как функции от расстояний. Обычно достаточно получить уравнения полиномов 3–4 порядка. Уравнения аппроксимации позволяют

вычислить численные значения главных напряжений в любой точке массива по контуру выработки.

С использованием расчетных величин главных напряжений по формулам (5) или (6)-(9) определяются критерии разрушения приконтурного массива в любой точке. Графическое представление распределения критерия разрушенности массива позволяет по знаку (формула 5) или по величине критерия разрушения (формулы 6-9) определить (прогнозировать) участки массива по контуру выработки, где возможно ожидать проявления газодинамического явления.

3. Пример определения опасного по внезапному выбросу участка контура горной выработки

Для моделирования рассматриваемого примера приняты следующие параметры и исходные данные:

глубина залегания пласта $H = 500$ м;

объемный вес налегающей толщи $\gamma = 0,026$ МН/м³;

ширина выработки $b=4$ м, высота $h=2$ м;

кратчайшее расстояние от выработки до нарушения (щели) по нормали к ней $d=3$ м, протяженность нарушения (ширина щели) 10 м.

Массив на расчетной схеме нагружен сверху давлением γH , снизу давлением $-\gamma H$, а по бокам боковым распором $\lambda \gamma H$. Коэффициент бокового распора принят $\lambda=1,56$, что соответствует направлению «север-юг» для условий Карагандинского угольного месторождения. Расчетное вертикальное гидростатическое давление 12,5 МПа, горизонтальное 19,5 МПа.

Моделируется неравнокомпонентное напряженное состояние, т.е.

$$\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$$

Физико-механические свойства массива, с учетом коэффициента структурного ослабления $K_{с.о} = 0,3$ приняты следующие:

модуль упругости породы (песчаник), где расположена выработка, $E=0,48 \cdot 10^4$ МПа;

предельное сопротивление одноосному сжатию $\sigma_{сж} = 24$ МПа;

коэффициент Пуассона $\nu=0,22$;

угол внутреннего трения $\varphi=35^\circ$.

Для угля соответствующие физико-механические свойства:

$E=0,1 \cdot 10^4$ МПа, $\nu=0,26$, $\varphi=38^\circ$.

Численное моделирование. В данном примере моделирование проводилось в программной среде пакета MATLAB с использованием модуля STRUCTURAL MECHANICS=>PLANE STRESS (Строительная механика Плоское напряжение) с графической визуализацией числовых значений компонентов напряженно-деформированного состояния исследуемого массива. На рисунках 3–6 показаны графические представления полей напряжений в

кровле и бортах выработки, вычисленных и построенные средствами программ пакета.

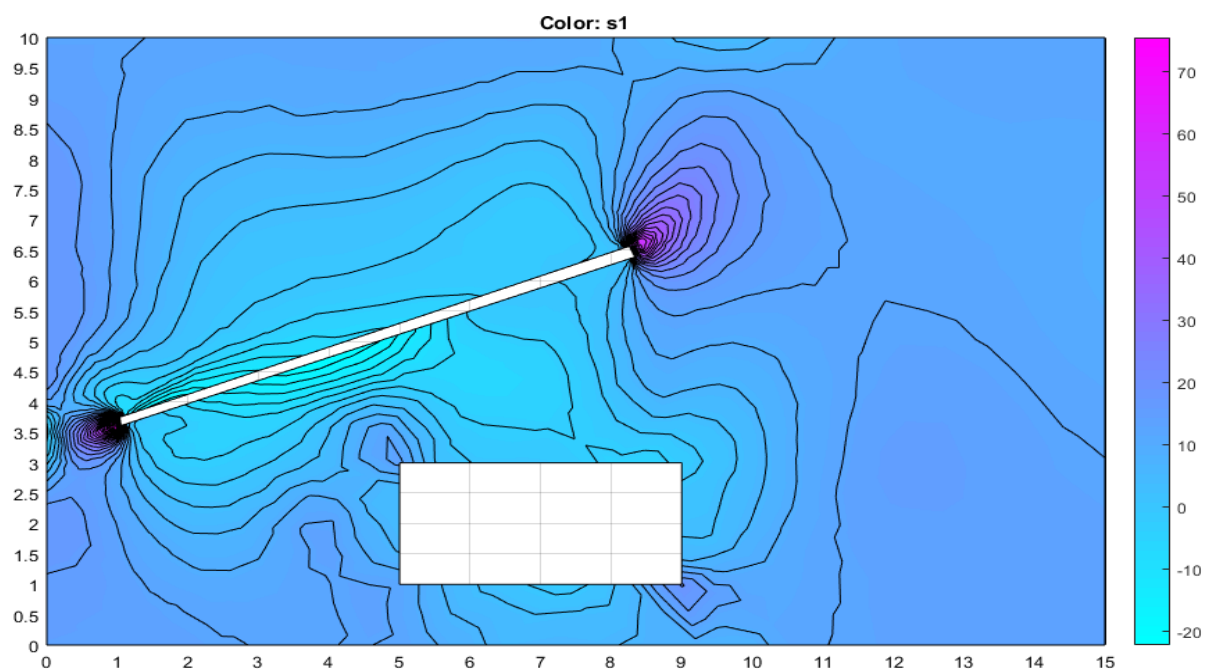


Рисунок 3 - Графическое поле первых главных напряжений σ_1

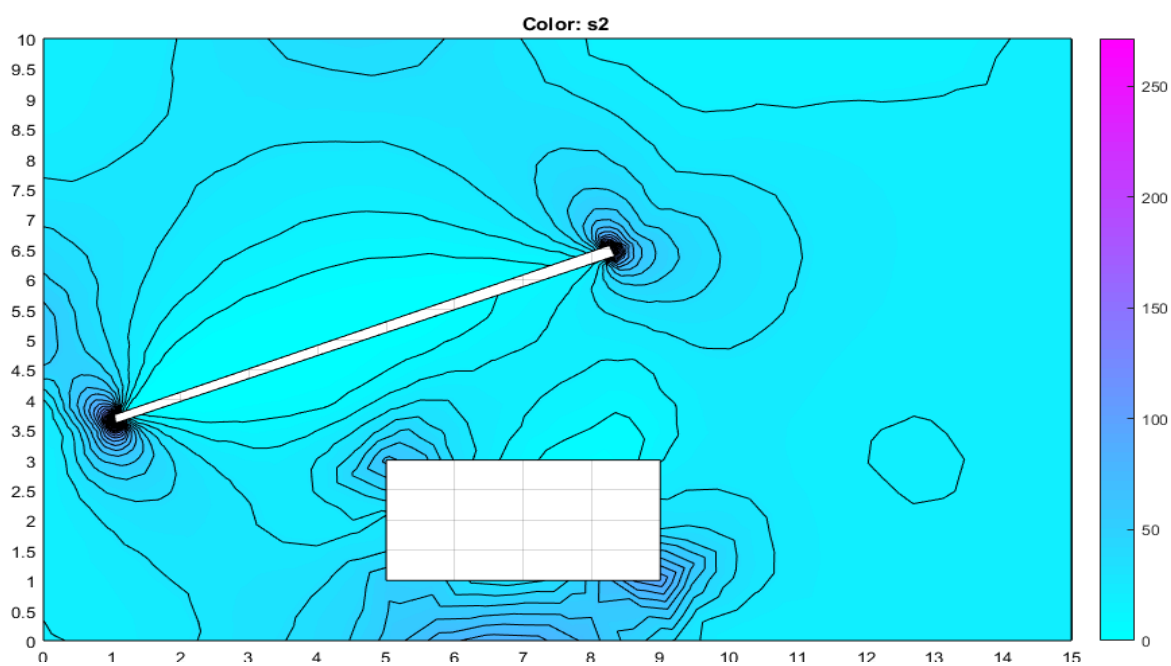


Рисунок 4 - Графическое поле вторых главных напряжений σ_2

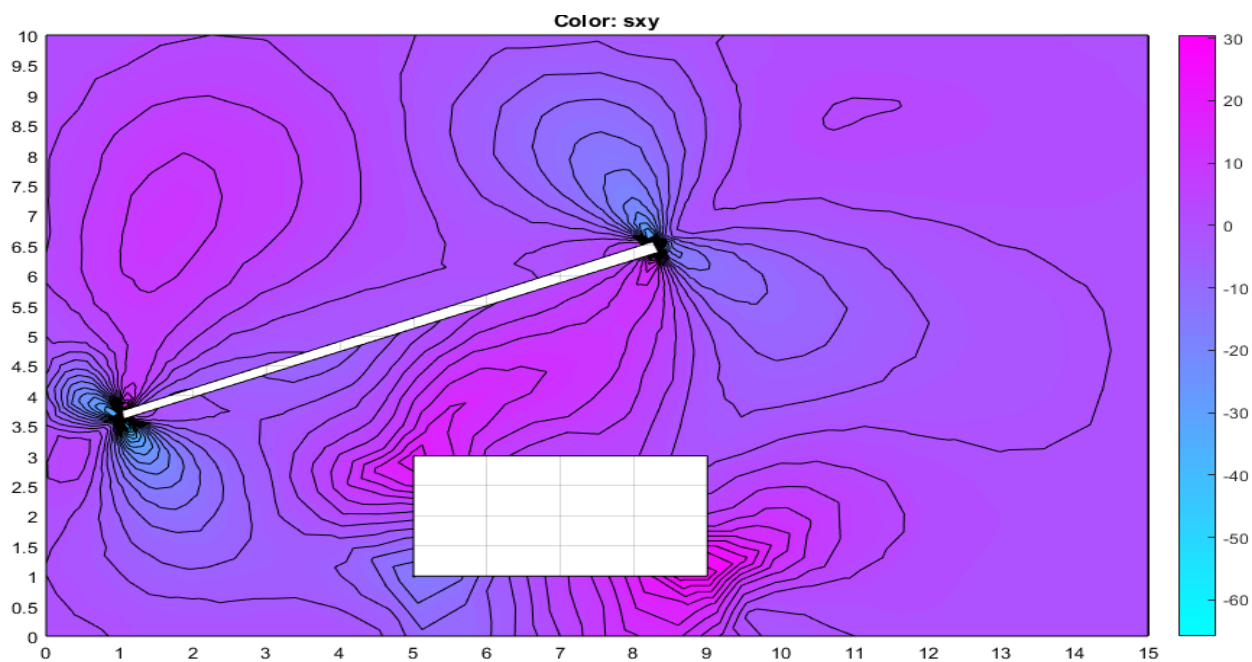


Рисунок 5 - Графическое поле касательных напряжений τ

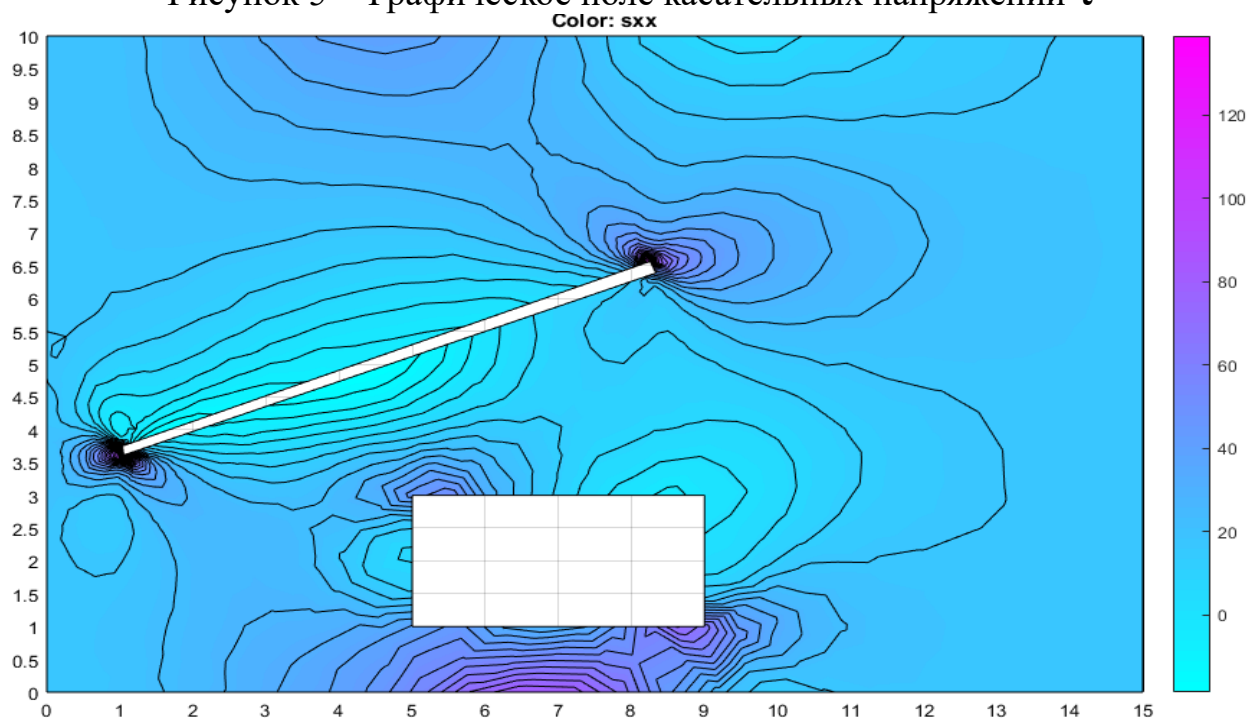


Рисунок 6 – Графическое поле горизонтальных напряжений σ_x

Численным моделированием НДС получены величины напряжений в кровле и в бортах выработки, значения которых приведены в таблице 1. В обозначениях главных нормальных напряжений принято $\sigma_1 > \sigma_2$.

Таблица 1 – Численные значения расчетных напряжений (МПа) вокруг выработки

Напряжения	В кровле выработки на расстоянии (м) от левого борта								
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
σ_1 , МПа	63,0	53,0	34,0	21,0	11,5	6,0	3,5	4,6	17,5
σ_2 , МПа	12,8	2,5	-2,0	-3,0	-3,5	0,5	1,2	5,3	9,8
σ_x , МПа	44,5	50,0	32,0	19,0	11,0	4,1	-1,1	-4,2	-4,8
τ , МПа	19,1	13,0	8,3	5,3	3,5	2,8	1,9	0,15	0,35
Левый борт выработки на расстоянии (м) от почвы									
σ_1 , МПа	49,5	35,0	27,0	43,0	63,0				
σ_2 , МПа	12,1	7,0	4,7	4,2	12,8				
σ_x , МПа	38,0	14,6	6,6	12,0	44,5				
τ , МПа	-15,0	-9,7	1,4	15,4	19,1				
Правый борт выработки на расстоянии (м) от почвы									
σ_1 , МПа	88,0	60,0	33,0	24,0	17,5				
σ_2 , МПа	18,7	4,8	2,4	1,2	-1,6				
σ_x , МПа	64,0	17,0	4,0	2,1	-1,1				
τ , МПа	27,0	22,0	6,3	1,4	-1,9				

В рассматриваемом модельном примере исследуется напряженно-деформированное состояние части массива, заключенной между кровлей выработки и «почвой» щели, моделирующей разрывное тектоническое нарушение. Логично ожидать, что именно в этой области может произойти разрушение массива с последующим выбросом. Исходя из этих предпосылок в целях получения аналитических выражений распределений модельных численных значений напряжений по кровле выработки, выполнена аппроксимация их полиномами, виды и статистические оценки которых приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Аппроксимирующие уравнения изменения модельных численных значений напряжений в кровле по ширине выработки

Напряжения	Уравнения полиномов	Оценка R^2
Первое главное напряжение, МПа	$\sigma_1 = 1,224 \cdot x^3 + 0,3021 \cdot x^2 - 33,39 \cdot x + 67,2$	0,9961
Второе главное напряжение, МПа	$\sigma_2 = 0,5586 \cdot x^4 - 5,682 \cdot x^3 + 22,28 \cdot x^2 - 35,47 \cdot x + 15,92$	0,9886
Горизонтальное напряжение, МПа	$\sigma_x = -1,55 \cdot x^4 + 14,15 \cdot x^3 - 38,95 \cdot x^2 + 15,94 \cdot x + 45,21$	0,9854
Касательное напряжение, МПа	$\tau = 0,2253 \cdot x^4 - 2,442 \cdot x^3 + 10,06 \cdot x^2 - 20,84 \cdot x + 21,14$	0,9983

Примечание: переменной «х» обозначено расстояние от левого борта выработки.

С использованием аппроксимирующих полиномов таблицы 2.2 вычислены значения напряжений в промежуточных точках и с достаточным разрешением построены графики изменений (распределений) напряжений в кровле выработки по ее ширине, приведенные на рисунке 7.

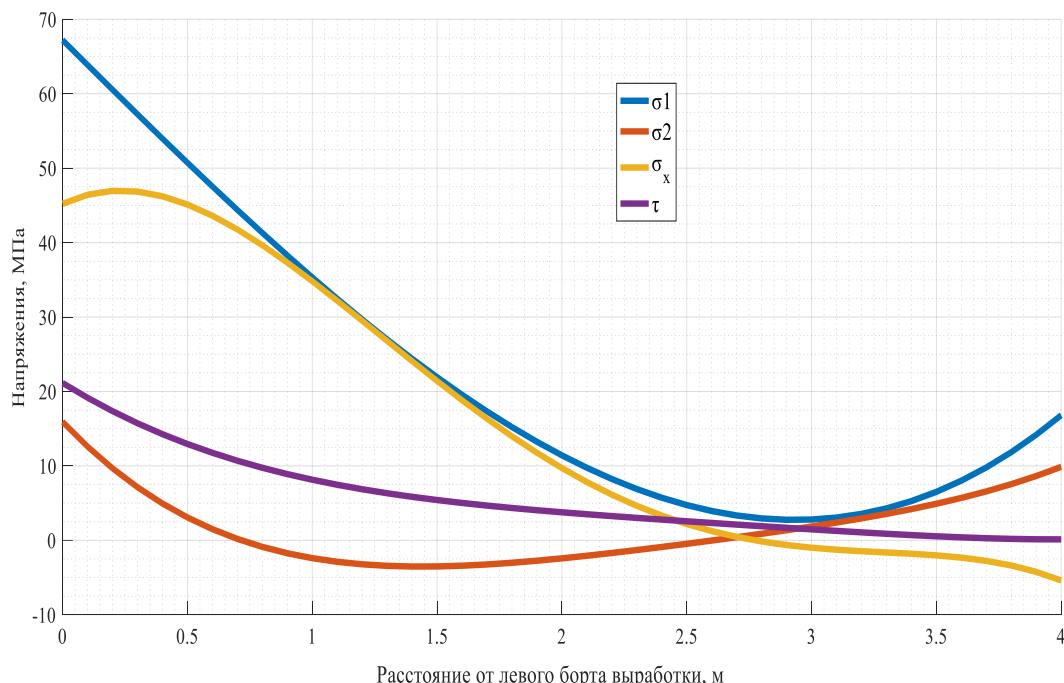


Рисунок 7 - Распределение напряжений в кровле выработки по ее ширине

Как видно из данных таблицы 1 и графиков рисунка 7, в кровле выработки первые главные напряжения σ_1 – растягивающие (знак «+») по всей ширине и, снижаются к середине выработки. Вторые главные напряжения σ_2 – растягивающие с левого края, сжимающие (знак «-») с середины выработки и снова растягивающие к правому краю. Горизонтальные напряжения σ_x растягивающие с переходом на сжимающие к правому краю кровли. Касательные (тангенциальные, сдвигающие) напряжения – растягивающие по всей ширине выработки.

Моделирование исследуемого варианта взаимного расположения выработки и плоскости дизъюнктивного нарушения показало, что характерно следующее формирование полей всех напряжений в кровле выработки прямоугольного сечения: наибольшие первые главные и горизонтальные растягивающие напряжения, до 63–50 МПа, соответственно, сконцентрированы в левом верхнем углу кровли выработки. Эти величины в 5 – 4 раза превышают вертикальное давление от налегающей толщи пород. Если учесть, что горные породы гораздо хуже сопротивляются растяжению (разрыву), чем сжатию, то сформировавшееся поле концентраций напряжений в кровле выработки показывает первое приближение к возможному очагу выброса.

Аналогичные поля распределения напряжений при моделировании получены и для «почвы» щели, моделирующей сечение плоскости

дизъюнктивного нарушения и обращённой в направлении кровли выработки. Величины этих напряжений приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Численные значения модельных расчетных напряжений (МПа) в «почве» щели

Напряжения	По «почве» щели на расстоянии (м) от левого края									
	0,1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
σ_1 , МПа	59	18	1,8	0,4	1,1	3,5	15,2	19,3	62	69
σ_2 , МПа	1,2	-0,17	-6,4	-11,6	-14,4	-6,8	-0,18	0,07	2,2	2,9
σ_x , МПа	47	2,1	-4,2	-11	-16,5	-2,1	12,7	17,9	35	42
τ , МПа	1,4	-0,14	-1,7	-4,8	-3,1	2,2	5,2	5,4	26	32

С той же целью возможности вычисления напряжений в любой точке «почвы» щели выведены аппроксимирующие уравнения в виде полиномов, приведенные в таблице 4. С использованием этих уравнений вычислены распределения напряжений по «почве» щели, графики которых представлены на рисунке 8.

Таблица 4 – Аппроксимирующие уравнения изменения модельных значений напряжений по «почве» щели (плоскости дизъюнктивного нарушения)

Напряжения	Уравнения полиномов	Оценка R^2
Первое главное напряжение, МПа	$\sigma_1 = -0,2759 \cdot x^3 + 6,992 \cdot x^2 - 39,1 \cdot x + 57,87$	0,9373
Второе главное напряжение, МПа	$\sigma_2 = -0,0412 \cdot x^4 + 0,6332 \cdot x^3 - 2,117 \cdot x^2 - 2,212 \cdot x + 2,326$	0,8632
Горизонтальное напряжение, МПа	$\sigma_x = -0,485 \cdot x^3 + 9,153 \cdot x^2 - 43,73 \cdot x + 46,86$	0,9571
Касательное напряжение, МПа	$\tau = 0,0549 \cdot x^3 + 0,216 \cdot x^2 - 2,892 \cdot x + 2,017$	0,9983

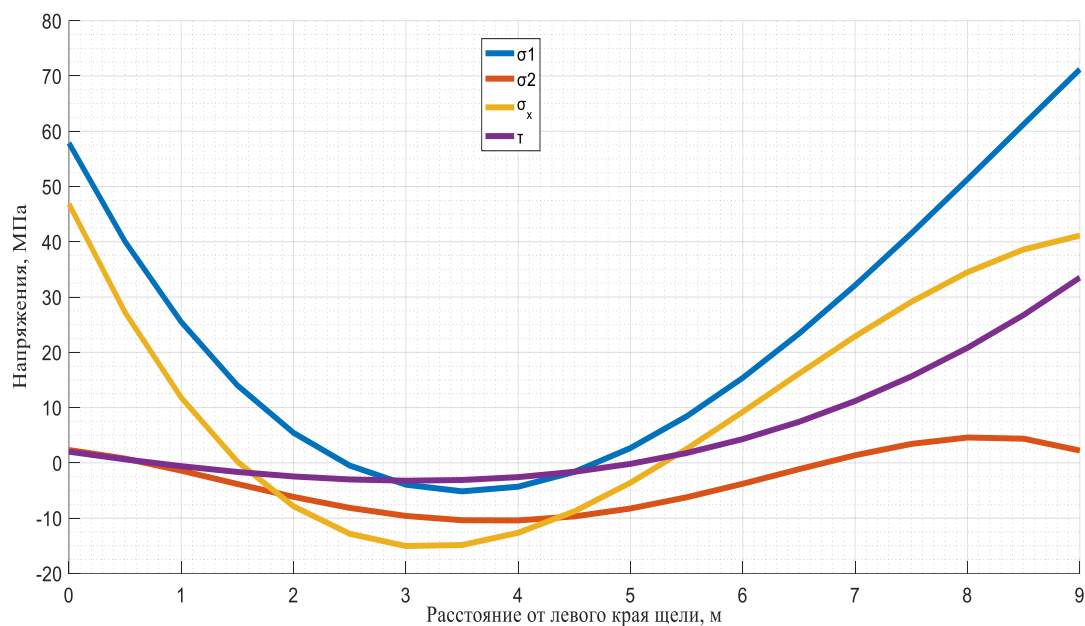


Рисунок 8 - Распределение напряжений в «почве» щели по ее протяженности

Как видно из графиков на рисунке 8, область минимальных значений первых главных σ_1 и горизонтальных σ_x напряжений расположена в срединной части щели. При этом главное нормальное напряжение растягивающее, а горизонтальное напряжение – сжимающее. Кроме того, по модельному взаимоположению щели-плоскости нарушения и прямоугольной выработки эта область минимума расположена против левого угла кровли выработки, где возникают максимальные растягивающие напряжения.

Для исследований устойчивости или разрушаемости пород массива между выработкой и геологическим нарушением (дизъюнктивным в принятых модельных условиях), т.е. возможности проявления геодинамического явления, необходимо принимать определенную теорию (или гипотезу) прочности.

В настоящей Методике для описания условия предельного состояния горных пород используется критерий Кулона-Мора

$$|\tau| = K + \sigma_n \cdot \operatorname{tg}(\varphi), \quad (10)$$

где K – сцепление, МПа, φ – угол внутреннего трения, градус, τ и σ_n — соответственно, касательные и нормальные напряжения на площадке сдвига.

В терминах главных напряжений этот критерий записывается в виде

$$\sigma_1 = \vartheta \cdot \sigma_3 + \sigma_c, \quad (11)$$

где σ_c – прочность породы при одноосном сжатии, МПа;

σ_1 и σ_3 – максимальные и минимальные главные напряжения, МПа;

ϑ - параметр объемной прочности породы, определяемый по углу внутреннего трения

$$\vartheta = \frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)}. \quad (12)$$

Полученные результаты показывают, что наибольшие главные напряжения и горизонтальные напряжения положительны. Исходя из этого результата и вышеизложенных рассуждений, устойчивость или разрушение пород вокруг выработки оценивается по критерию (5).

Для этого, с применением аппроксимирующих уравнений кровли выработки таблицы 2, составляется и анализируется следующее соотношение

$$\Delta\sigma = \sigma_1 - (\vartheta \cdot \sigma_3 + \sigma_c), \quad (13)$$

в котором используются значения первого (наибольшего) главного напряжения σ_1 , а вместо σ_3 - второго (наименьшего) главного напряжения σ_2 . Если величина $\Delta\sigma > 0$, т.е. действующее главное нормальное напряжение больше сопротивления разрушению породы, то эта область породы кровли является зоной нарушения сплошности массива и, следовательно, возможной зоной формирования очага гео-газодинамического явления.

По результатам моделирования методом конечных элементов исследуется расположение возможных зон нарушения сплошности массива пород в кровле выработки от воздействия первых главных напряжений σ_1 и горизонтальных растягивающих напряжений σ_x . Выполняются расчеты и строятся графики изменения величины $\Delta\sigma$ по наибольшему главному напряжению σ_1 и по горизонтальному напряжению σ_x .

Для условия кровли выработки, состоящей из песчаника с пределом прочности на одноосное сжатие в массиве $\sigma_c = 24$ МПа, углом внутреннего трения $\varphi = 35^\circ$, на рисунке 9 показано, что зона нарушения сплошности ($\Delta\sigma > 0$) от действия напряжений обоих видов формируется в области от 0,25 до 2 м от левого борта выработки.

Аналогичные исследования состояния устойчивости массива выполнены для области «почвы» щели, ориентированной в направлении кровли выработки. Результаты соответствующих расчетов показаны на рисунке 10.

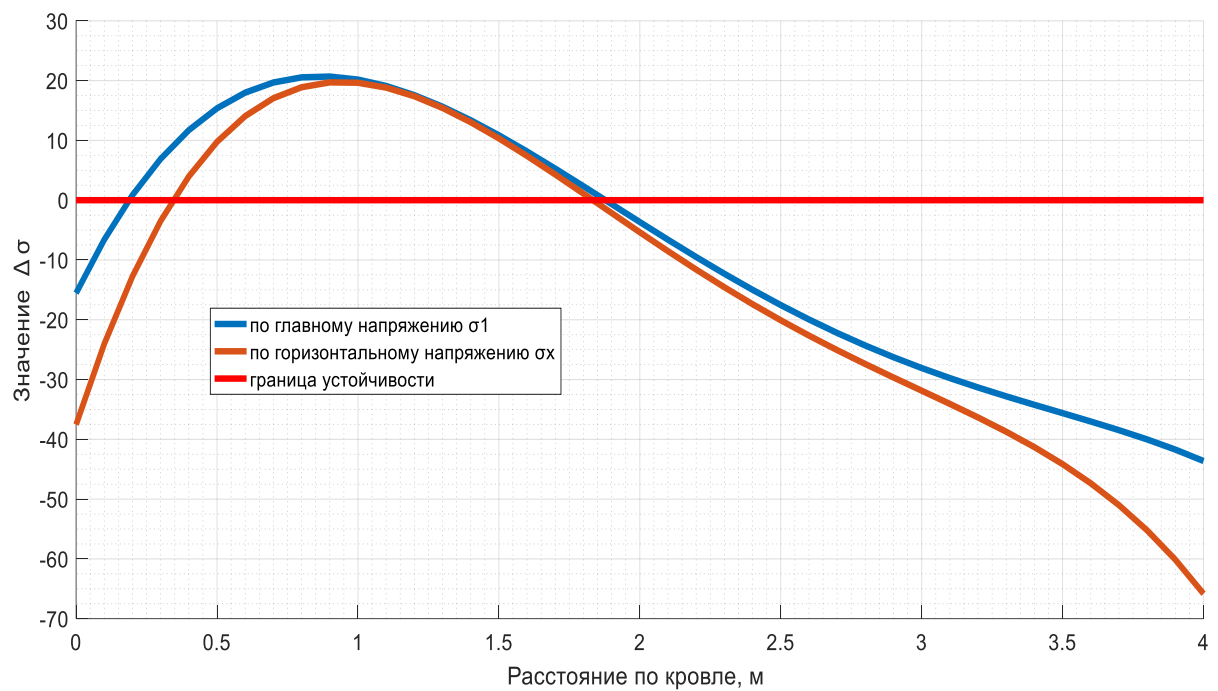


Рисунок 9 – Изменение знака величины $\Delta\sigma$ в кровле по главному напряжению σ_1 и по горизонтальному напряжению σ_x .

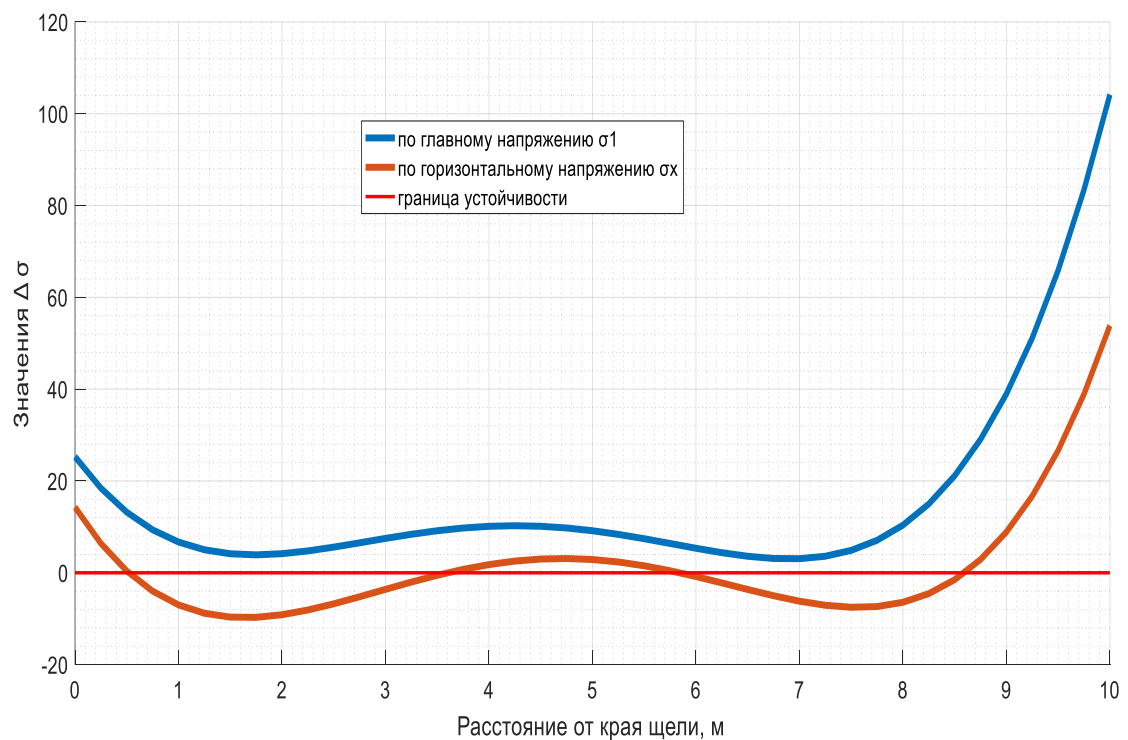


Рисунок 10 – Изменение знака величины $\Delta\sigma$ в «почве» щели по главному напряжению σ_1 и по горизонтальному напряжению σ_x .

На этом рисунке видно, что нарушение сплошности массива породы в «почве» щели от действия растягивающего главного напряжения σ_1 может произойти по всей протяженности сечения плоскости нарушения. От действия горизонтальных растягивающих напряжений нарушение сплошности массива могут проявиться на протяжении порядка 2 м в срединной части щели. Отметим, что по принятому модельному расположению именно срединная часть щели находится против левого края кровли с максимальной концентрацией растягивающих напряжений.

Анализ зон нарушения сплошности, вычисленных моделированием НДС между дизъюнктивным нарушением и выработкой, показывает, возможное соединение этих зон от действия растягивающих напряжений может быть одной из причин возникновения ГДЯ. Здесь не рассматривается давление газа, который может содержаться в коллекторах в области геологических нарушений и также способствовать разрушению массива и проявлению ГДЯ.

Обсуждение результатов.

5. Метод конечных элементов может применяться как один из инструментов математического моделирования для исследования напряженно-деформированного массива, том числе и решения задач гео-газодинамических явлений в угольных шахтах.

6. Перечень параметров НДС массива, вычисляемых средствами интегрированной программной среды MATLAB для научных и инженерных вычислений, дает возможность всесторонне исследовать состояние устойчивости массива между выработкой и геологическим нарушением.

7. Исследования на гипотетическом примере численной модели МКЭ показали, что в принятом в модели близком расположении выработки от геологического нарушения возможно нарушение сплошности массива и вероятное проявление ГДЯ в левой краевой части кровли выработки прямоугольного сечения.

8. Универсальный программный комплекс среды MATLAB (или другой аналогичный по функциональности), ориентированный именно на МКЭ, позволяет исследовать поставленную проблему с изменениями любых параметров модели, задаваемых пользователем, что особенно важно и в геомеханике.

Ж ҚОСЫМШАСЫ – КГКШ каталогы

Таблица 1.1. – Сведения о внезапных выбросах угля и газа, происшедших на шахтах Карагандинского бассейна

Выбросы	Шахта	Индекс пласта	Дата выброса, число, месяц, год	Место выброса	Глубина от поверхности, м	Угол наклона, град	Способ прохода	Производственные процессы перед выбросом	Сила выброса		Дальность выброса, м	Удельное газовыделение, м³/т	Мощность пласта, м			Причина выбросов
									масса угля, т	объем газа, м³			средняя	в месте выброса	выбросоопасных пластов	
1.	3-бис	k ₁₂	12.09.59	20 западный откаточный штрек	381	8	БВР	изрывание	100	нет данных	нет данных	-	8,3	8,3	1,4	Впервые на пласте. Спровоцировал взрывными работами.
2.	3-бис	k ₁₂	16.09.59	Там же	381	8	БВР	изрывание	120	9000	7,4	75	8,3	8,3	1,4	Без мер
3.	3-бис	k ₁₂	04.10.59	- // -	381	8	БВР	изрывание	150	5000	10,4	33	8,3	8,3	1,8	Без мер
4.	им. Кирова	k ₁₂	23.04.60	Орт.2 с 20 зап. откат. штрека	427	10	БВР	погрузка	200	8000	нет данных	40	8,3	8,0	нет данных	Впервые на пласте
5.	им. Кирова	k ₁₂	24.04.60	Там же	427	10	БВР	крепление	80	нет данных	то же	-	8,0	8,0	нет данных	Без мер
6.	им. Кирова	k ₁₂	14.11.60	Орт.5 с 20 зап. откат. штрека	427	10	БВР	изрывание	120	7000	- // -	58	8,0	8,0	- // -	Без мер
7.	им. Кирова	k ₁₂	15.11.63	21 вост. откат. штрек	448	7	БВР	крепление	50	нет данных	- // -	-	8,0	8,1	- // -	Без мер
8.	Сокурская	k ₇	12.12.63	4 вост. откат. штрек	277	16	БВР	погрузка	60	16300	- // -	272	3,5	3,5	- // -	Без мер
9.	Сокурская	k ₇	18.12.63	Там же	277	16	ПК	крепление	90	нет данных	4,0	-	3,5	3,5	- // -	Без мер
10.	Актасская	k ₇	20.06.64	2 западный транспортный бремсберг	269	8	ОМ	отбойка	14	2100	1,6	150	6,0	6,0	- // -	Без мер
11.	Актасская	k ₁₂	03.07.64	Там же	271	8	ОМ	отбойка	13	7900	1,6	608	6,0	6,0	- // -	Без мер
12.	Саранская	k ₁₂	21.08.64	Транспортный уклон	346	14	ОМ	отбойка	57	5800	3,0	102	5,2	5,2	2,7	Впервые на пласте
13.	им. 50 ЛОР	k ₁₀	09.07.65	2 западный просек	357	9	ПК	отбойка	6	750	4,5	125	4,2	3,9	0,7	Без мер
14.	им. 50 ЛОР	k ₁₀	11.07.65	Там же	357	9	ПК	доставка	4	870	5,7	218	4,2	3,9	0,7	Без мер
15.	им. 50 ЛОР	k ₁₀	18.07.65	- // -	356	9	ПК	доставка	5	1010	5,0	202	4,2	3,9	0,7	Без мер
16.	им. 50 ЛОР	k ₁₀	21.07.65	- // -	356	9	ПК	отбойка	6	960	4,5	160	4,2	3,9	0,7	Без мер
17.	Сокурская	k ₁₀	31.07.65	3 зап. откат. штрек	273	20	ПК	отбойка	20	870	6,0	44	5,6	4,5	1,1	Без мер

Продолжение таблицы 1.1

18.	Дубовская	k ₇	08.10.65	3 вост. рельсовый проширек	200	13	ПК	отбойка	80	2800	7,5	35	5,1	5,1	5,1	Впервые на пласте
19.	Сокурская	k ₁₂	25.11.65	3 западный транспортный просек	257	70	ОМ	отбойка	27	4830	6,5	179	5,5	5,5	5,0	Впервые на пласте
20.	Сокурская	k ₁₂	26.11.65	Там же	257	70	ОМ	отбойка	75	7220	8,5	96	5,5	5,5	5,0	Без мер
21.	им. Костенко	k ₁₂	12.02.66	3 западный проширек	452	7	ПК	доставка крепления	12	нет данных	2,5	-	7,5	7,5	3,0	Впервые на пласте
22.	им. 50 ЛОР	k ₁₂	21.11.66	2 западный транспортный штрек	366	6	ОМ	отбойка	40	2440	5,0	61	8,3	8,3	3,0	Впервые на пласте
23.	им. 50 ЛОР	k ₁₀	15.12.66	Рельсовый уклон	403	8	ОМ	отбойка	26	5880	5,0	226	4,2	3,6	3,5	Без мер
24.	им. 50 ЛОР	k ₁₀	22.11.67	4 вост. конвейерная печь	438	6	ПК	отбойка	75	4070	7,2	54	4,2	4,1	2,6	Без мер
25.	Саранская	k ₁₀	01.02.68	Восточная сбросная печь 14	353	17	ОМ	после крепления - 0,5 ч.	30	2560	5,5	85	5,2	5,2	2,4	Впервые на пласте
26.	Саранская	k ₁₀	25.04.68	3 вост. откаточный кюветлаг (вскрытие)	358	14	ОМ	Крепление	70	7200	6,0	103	5,2	4,7	4,7	Без мер
27.	Саранская	k ₁₂	05.07.68	3 восточный вентиляционный уклон	313	13	ОМ	отбойка	28	2800	2,6	100	5,2	5,2	2,7	Нарушение параметров
28.	Майкудукская	k ₁₂	24.06.69	Восточный вентиляционный уклон	446	6	ПК	отбойка	31	2000	3,5	64	7,2	7,2	4,2	Впервые на пласте
29.	Саранская	k ₁₂	10.07.69	4 западный проширек	388	9	ОМ	крепление	38	6000	5,5	158	6,3	6,6	1,2	Нарушение параметров
30.	Стахановская	k ₁₂	26.12.70	Вент. кв-т на ЦОС (вскрытие)	427	60	ОМ	после крепления ≥ 0,5 ч	260	9100	14,5	35	6,5	6,5	2,9	Впервые на пласте

Продолжение таблицы 1.1

31.	Шахтинская	d ₁	29.01.71	Северный главный полесвой откаточный штрес (вскрытие)	300	55	ОМ	погрузка	15	660	5,2	44	4,8	6,1	3,1	Вскрытие на пласте
32.	им. 50 ЛОР	k ₁₂	26.05.71	4 западный транспортный просек	475	8	ПК	отбойка	30	4000	7,5	133	8,6	8,3	2,4	Нарушение параметров
33.	Саранская	k ₁₂	06.08.71	4 западный конвейерный уклон	373	13	ПК	отбойка	5	2050	7,5	410	7,4	7,4	0,2	То же
34.	Саранская	k ₁₂	10.12.71	4 западный транспортный просек	382	14	ПК	отбойка	55	2400	5,5	44	5,4	5,5	0,3	- « -
35.	Топарская	k ₁₈	20.01.72	3 западный откаточный квершлаг (вскрытие)	335	45	ОМ	погрузка	360	26000	27,0	72	0,9	1,0	1,0	Вскрытие на пласте
36.	Саранская	k ₁₂	31.03.72	4 западный транспортный просек	383	13	ПК	крепление	5	1200	5,0	240	5,4	5,4	1,1	Нарушение параметров
37.	им. 50 ЛОР	k ₁₂	05.08.72	4 западный транспортный просек	471	8	ПК	отбойка	100	18740	9,8	187	8,6	8,2	2,0	Без мер
38.	Топарская	k ₁₈	02.09.72	3 западный откаточный квершлаг (вскрытие)	340	48	БВР	бурение	12	4700	12,0	392	1,3	1,3	1,3	В процессе выполнения мероприятий
39.	им. Ленина	d ₁	28.12.76	Людской ходок	410	10	ОМ	крепление	550	36000	50,0	66	5,7	5,7	1,3	Вскрытие на пласте. Вскрытие неравнинного геологического нарушения
40.	Казахстанская	t ₁	04.03.77	Сопрежение откат. штр. гор. -0 с конв. уклоном	469	10	ГПК	отбойка	60	2600	5,6	43	1,4	1,4	1,7	Вскрытие на пласте
41.	Казахстанская	d ₁ -d ₂	10.03.78	Пороховая вставка двухствольного ствола (вскрытие)	470	12	БВР	взрывание	35	4900	18,7	140	1,2	0,8-1,1	1,1	Вскрытие на пласте. Спровоцировано взрывными работами
42.	им. Ленина	d ₁	20.09.78	Конвейерный уклон запад. блока	427	18	ГПК	отбойка	61	9800	11,0	161	6,0	6,0	1,0	Нарушение параметров

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
43.	им. Ленина	d ₁	22.12.78	Восточный фланговый вентиляционный ствол (вскрытие)	435	10	БВР	взрывание	380	27900	5,5	73	5,45	5,45	1,4	Спровоцировано взрывными работами
44.	Казахстанская	d ₁ -d ₂	02.09.80	Ходок в водо-сборник (вскрытие)	470	12	БВР	взрывание	520	22500	65	43	1,1	1,2	0,6	То же
45.	им. Ленина	d ₁	09.12.83	Конвейер. бремсберг 24d ₁ -1-B	350	4-7	ГПК	отбойка	145	10000	18	69	5,6	4,6	1,0	Нарушение параметров
46.	им. Ленина	d ₁₀	09.02.85	2 откаточный штр. гор. -10	470	4-12	4ПП-2	отбойка	150	10000	18,3	67	2,2	2,4	1,1	То же
47.	им. Ленина	d ₁	24.04.85	Конвейерный штрес 28d ₁ -2-B	317	8-12	ГПК	отбойка	50	2040	20,2	41	5,6	5,4	1,3	Нарушение параметров
48.	им. Ленина	d ₁₀	11.10.85	Конвейер. бремсберг 23d ₁₀ -B	448	10	ГПК	отбойка	20	2500	9,5	125	2,4	2,5	1,2	То же
49.	Казахстанская	d ₁	21.06.89	Засид на конв. уклон 212d ₁ 1 - 3 (вскрытие)	466	12-13	ГПК	отбойка	110	10000	12,0	91	5,2	5,9	1,1	- « -
50.	Казахстанская	d ₁	25.11.89	Конвейерный штрес 212d ₁ 1-3	478	12	ГПК	отбойка	1200	250000	104	208	5,3	8,0	3,1	- « -
51.	им. Ленина	d ₁₀	31.01.94	2 восточный парный вент. штрес гор. ±0	524	5 - 6	ГПК	отбойка	30	3200	12	107	2,3	2,3	0,1 - 0,3	Без мер
52.	им. Ленина	d ₁	24.11.95	Конвейер. бремсберг центр-запад пл. д. гор. ±0	545	6 - 8	ГПК	отбойка	640	550000	66	860	5,8	5,7	2,8	Нарушение параметров развития и способов борьбы
53.	им. Ленина	d ₁	23.03.98	Сбоечный квершлаг №2 пласта d ₁ гор. -100 (вскрытие)	580	8 - 18	БВР	погрузка	3250*	1300000	236	650	6,1	6,0	1,05	Без мер
54.	Тонтекская	d ₁	02.06.08	Конвейерный штрес 193 d ₁ -c	542	6-7	ГПК	бурение	1087	414085	107	381	3,7	6,2	0,2-0,6	Вскрытие на пласте. Вскрытие неравнинного геологического нарушения

55.	Тентеская	d ₁	28.06.09	Конвейерный штрек 193-d ₁ -ю	492	6-8	ГПКС	крепление	1507	74 763	100	69				Вскрытие зоны тектонической нарушения без видимого смещения угольного пласта (в зоне влияния Шаханского взбросо-сдвига Н-420 м)
56.	им. Кузембаска	k-k ₄	23.06.10	Вентиляционный кверцлаг 40 k ₂ -k ₁₀ -з +90 м	480	6-7	КСТП-35	погрузка отбитой горной массы	707	15 386						Вскрытие не прогнозируемого сложного геологического нарушения с двумя плоскостями смещения
57.	им. Кузембаска	k ₁₀	19.08.11	Вентиляционный штрек 37-k ₁₀ -я	577	4-11	ГПКС	выемка угля комбайном	345	20 092		49	3,97			Пролодка вдоль сброса №12 (Н-110 м) и пересечение сброса №11 (Н-10-12 м)
58.	Казахстанская	d ₁	19.04.12	Газодренажный штрек 312-d ₁ -з	524	(-12) – (+3)	КСТП-32	подрубка почвы, крепление	544	29 524		61	5,5	5,54		Вход забоя в зону влияния сброса №41 (Н-20-22 м)
59.	Казахстанская	d ₁	31.08.17	Вентиляционная сбойка 332-d ₁ -з №1	636	12-13	П-110	погрузка отбитой горной массы, крепление	1237	161 645		175	5,4	5,4		Влияние тектонического нарушения «сброс» (Н=3,0 м)