Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институту

Б.Осмонов атындагы Жалал-Абад мамлекеттик университети

Д 25.24.709 диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда

УДК 622.235.5

Райымкулов Марат Аширбекович

Сандык симуляция ыкмасы менен тоо массасына аба боштугу менен зарядды колдонуу менен массалык жарылуунун таасирин изилдөө

Адистиги: 25.00.22 – “ Геотехнология (жер астындагы, ачык түрдөгү)”

Диссертациянын авторефераты техника илимдеринин кандидаты

Илимий жетекчиси:
Техника илимдеринин доктору, профессор,
КР УИАнын корреспондент-мүчөсү
Усманов С.Ф.

Бишкек-2025

Иш Кыргыз-Россия Славян университетинде жана Маалыматтык технологиялар институтунда жүргүзүлдү.

Илимий жетекчи :	**Усманов Салават Фаргатович,** техника илимдеринин доктору, профессор, Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер корреспондент-мүчөсү
Расмий оппоненттери:	**Усенов Кеңешбек Жумабекович,** техника илимдеринин доктору, профессор, ИА КР корреспондент-мүчөсү
	Чунуев Ишимбай Карыбаевич техника илимдеринин кандидаты, профессор
	Турсбеков Серик Вахитович, техника гылымынын докторы, К. И. Сатпаев
Алдыңкы уюм :	атындагы Кыргыз тоо-металлургиялык институту. Асаналиев атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинде У. И.Раззакова, 720044, Бишкек, Ч. Айтматов проспектиси, 66.

Диссертацияны коргоо Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина куруу, автоматика жана геомеханика институтунда жана Жалал - Абад мамлекеттик университетинде О.О. 720055, Бишкек, Медеров көчөсү, 98, конференц-зал. Диссертацияны коргоонун онлайн трансляциясынын идентификациялык коду: _________.

менен Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина куруу, автоматика жана геомеханика институтунун китепканаларынан : 720055, Бишкек шаары, Скрябин көчөсү 98 жана Б.Осмонов атындагы Жалал-Абад мамлекеттик университетинин дареги: Жалал-Абад, 7156, А. КР УАК сайты: https://vak.kg/.

2025 -ж “___ _”_ ____ жөнөтүлгөн.

Диссертациянын кеңешинин
илимий катчысы,

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Тоо-кен ишканаларынын кеңири интенсивдүү өнүгүшүнө, тоо-кен казып алуу иштеринин чек араларынын кеңейишине, тоо тектерин жана рудаларды кайра иштетүүнүн көлөмүн көбөйтүүгө, жарылуучу заттын массасынын көбөйүшүнө, карьерди тереңдетүүгө жана иштетүүнүн татаал шарттарына байланыштуу тоо-кен зоналарындагы өзгөчө кырдаалдардын коркунучу жогорулап, жардыруу иштеринин сапаты төмөндөйт. Бул маселени чечүү жолдорунун бири аба боштуктары бар заряд конструкцияларын колдонуу болуп саналат. Массивдин бекемдик мүнөздөмөлөрүнө ылайык жарылуучу жана аба боштугун рационалдуу бөлүштүрүү жардыруу чыгымынын азайышын, жардыруу сапатынын жакшырышын жана тоо массасына сейсмикалык жүктүн жумшак таасирин камсыздайт деп эсептелет. Мындай эффект сейсмикалык жүктөргө өзгөчө сезгич геомеханикалык чыңалуу талаалары олуттуу роль ойногон Кыргыз Республикасынын аймагында жайгашкан тоо-кен казып алуу ишканалары үчүн өзгөчө маанилүү.

Тоо-кен казып алууда аба боштуктарын практикалык колдонууга өнөр жайдын жогорку кызыгуусуна карабастан, жарылуу учурунда аба көңдөйүндө болуп жаткан процесстердин илимий негиздери өнөр жай технологиясын өнүктүрүү үчүн жетишсиз, ал эми мындай заряд конструкцияларын өндүрүштө колдонуу дайыма эле жарылуунун жетиштүү сапатын камсыз кыла бербейт. Атап айтканда, аба боштуктарынын аракет механизми бир өлчөмдүү мамиленин алкагында жөнөкөйлөштүрүлгөн сапаттык сүрөттөмө менен чектелет. Мындай ыкмалар аба көңдөйүнүн аракетинин механизмин канааттандырарлык түшүндүрө албайт жана көңдөйдүн өлчөмү, жарылуучу заттардын касиеттери, тоо тектин физикалык-механикалык мүнөздөмөлөрү, анын ичинде өзгөчө күчтүү участоктордун абалы жана башкалар сыяктуу параметрлерди эске албайт.

Тоо-кен өндүрүшүндө жигердүү өнүгүп жаткан санариптик технологиялар тоо массивдерин бургулоо режимдери боюнча маалыматтарды чогултуу жана талдоо куралдарын, бургулоо жана жардыруу иштерин оперативдүү долбоорлоо жана жардыруу жүктөмүнөн майдалоо зонасын сандык моделдештирүү боюнча инструменттерди киргизүү аркылуу жогоруда көрсөтүлгөн параметрлерди эске алууга мүмкүндүк берет. Санарип технологиялары жардыруунун талап кылынган сапатын, блоктордун табанын иштетүүнү жана сейсмикалык жүктү төмөндөтүүнү камсыз кылган заряддардын дизайнын оптималдаштыруу үчүн кеңири мүмкүнчүлүктөрдү ачат.

Диссертациянын темасынын артыкчылыктуу илимий багыттар, негизги илимий программалар (долбоорлор), окуу жана илимий мекемелер тарабынан аткарылуучу негизги изилдөө иштери менен байланышы. Диссертациялык иш Байланыш жана маалыматтык технологиялар институтунун илимий-изилдөө планына ылайык: « BlastMaker системасынын негизинде аба боштуктары бар скважиналардын заряддарын долбоорлоону негиздөөнүн санариптик технологиялары » долбоорлору боюнча аткарылган (КР Билим берүү жана илим министрлигинин темасы № 13, илимий жетекчиси – техника илимдеринин

кандидаты В.Э., А.Ковальенко); «Санариптик карьерге карай: BlastMaker системасынын негизинде скважиналардын жардырууларын көзөмөлдөө мүмкүнчүлүктөрү » (Кыргыз Республикасынын Билим берүү жана илим министрлигинин № 08 темасы, илимий жетекчиси – техника илимдеринин кандидаты В.А. Коваленко, 2020-ж.).

Изилдөө максаттары сандык моделдөөнүн жардамы менен массивдердин гетерогендүүлүгүнүн шарттарында скважиналардын заряддарындагы аба боштугун пайдалануунун натыйжалуулугун баалоо болуп саналат.

Бул максатка жетүү үчүн төмөнкү **милдеттер коюлган:**

1. Массивдин бир тектүү эместигин, чөйрөнүн физикалык-механикалык касиеттерин жана жарылуучу заттардын касиеттерин эске алуу менен аба боштугу бар скважина зарядынын жарылуучу таасирин моделдөө үчүн эсептөө приборлорунун комплексин иштеп чыгуу;
2. Сандык моделдөөнүн жардамы менен жардыруу учурунда жарылуу продуктулары менен аба боштугун кысуу учурунда газ-динамикалык процесстерди тактоо;
3. скважиналардын заряддарындагы аба боштугунун эффектисинин эксперименталдык изилдөөлөрүнүн натыйжаларын сандык моделдөөнүн маалыматтары менен салыштыруу;
4. Сандык моделдөө ыкмасын колдонуу менен бургулоонун энергия сыйымдуулугунун маалыматтары түрүндө массивдин бир тектүү эместиги жөнүндө маалыматты эске алуу менен аба боштуктары бар скважиналардын заряддарынын оптималдуу долбоордук параметрлерин аныктоо.

Изилдөө ыкмалары. Диссертацияда скважиналардын заряддарындагы аба боштугун пайдалануу жаатындагы анализди, теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдү илимий жалпылоону, тоо-кен өндүрүшүндө сандык моделдөө куралдарын жана санарип технологияларды колдонууну бириктирген комплекстүү метод колдонулат.

Илимий иштин жаңылыгы төмөнкүчө:

1. детонация продуктулары менен кысылган аба боштугунун аймагындагы газ-динамикалык процесстер такталган жана аба боштугун колдонууда жакын зонада жарака пайда болуу өзгөчөлүктөрү аныкталган;
2. Технологиялык бургулоонун энергия сыйымдуулугунун параметрин аба боштугу бар заряддын структурасын долбоорлоо үчүн маалымат базасы катары пайдалануу сунуш кылынат.

Алынган жыйынтыктардын практикалык барктуулугу:

жардыруу иштеринин долбоорлоо этабында массивдин бир тектүү эместигин эсепке алуу менен оптималдуу заряддын долбоорун ыкчам аныктоого мүмкүндүк берүүчү аба боштуктары бар скважина заряддарынын майдалоо зонасын сандык моделдештирүү. Жардыргыч заттарды жана аба боштуктарын массивдин бекемдик мүнөздөмөлөрүнө ылайык рационалдуу бөлүштүрүү жардыргыч заттардын чыгымдалышын жана тоо массасына сейсмикалык жүктү азайтууну камсыз кылат.

Алынган натыйжалардын экономикалык мааниси

Аба боштугун колдонуу менен заряддын оптималдуу конструкциясын оперативдүү эсептөө жарылуу энергиясын туура бөлүштүрүүнүн эсебинен блоктун таманынын ашыкча көлөмүн жана кайра иштетилишин кыскартууга жана ошол эле учурда аба боштуктарын колдонуунун эсебинен жардыргыч заттардын салыштырма чыгымын 10-20%га кыскартууга жетишүүгө мүмкүндүк берет.

Диссертациянын жактоого чыгуучу негизги жоболору:

- Сандык моделдөө ыкмасы менен ачылган аба боштугунун аймагындагы газ-динамикалык эффекттер жардыруу иштерин долбоорлоодо эске алууну талап кылат, анткени алар майдалоочу зонанын пайда болуу мүнөзүнө таасир этет;
- аба боштугу бар заряддын оптималдуу конструкциясын аныктоо үчүн сандык моделдөө каражаттарын колдонуу менен жардыруу иштерин долбоорлоо бургулоодо энергияны керектөө маалыматтарынын негизинде массивдин бир тектүү эместигин эсепке алууга, жардыруу иштеринин сапатын жакшыртууга, сейсмикалык жүктөмдү азайтууга жана жардыргыч материалдарды үнөмдөөнү камсыз кылууга мүмкүндүк берет;
- Скважинаны бургулоодо бургулоочу станоктон тез арада алынган бургулоочу энергия сыйымдуулугунун параметринин жардамы менен массивдин гетерогендүүлүгүн эске алуу жардыруучу заттарды 10-20% үнөмдөөнү, сейсмикалык таасирдин азайышын, массивдин өнүгүүсүн жакшыртып, майдалоо зонасын 6-10%ке көбөйтүүнү камсыз кылат.

Автордун жеке салымы. Өтүнмө ээсинин жеке салымы сандык моделдөөнүн натыйжаларын талдоодон жана жалпылоодон, сандык моделдөө каражаттарын талкуулоодон жана ишке ашыруудан, тоо массасынын бекемдик мүнөздөмөлөрү менен бургулоонун энергия интенсивдүүлүгү жөнүндө маалыматтарды салыштыруу ыкмаларын иштеп чыгуудан, заряд конструкциясынын оптималдуу параметрлерин аныктоо үчүн сандык эксперименттерди жүргүзүүдөн турат.

Изилдөөнүн натыйжаларын апробациялоо. Диссертация боюнча жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн негизги натыйжалары «Илимий изилдөөдөгү заманбап техника жана технология» жаш окумуштуулардын жана студенттердин эл аралык конференциясында баяндалган жана талкууланган, Бишкек (2015-2022); Эл аралык конференция «Илим, башкаруу, социалдык чөйрө жана медицинадагы маалыматтык технологиялар», Томск университети, Томск, 2015-ж.; «Карьердеги алдыңкы технологиялар» эл аралык илимий-техникалык конференциясы, Байланыш жана маалыматтык технологиялар институту, Ысык-Көл (2015-2024); «Россиядагы суперкомпьютер күндөрү» эл аралык конференциясы, Москва, 2019-ж.; Студенттердин, аспиранттардын жана жаш окумуштуулардын эл аралык форуму "Экономиканы санариптештирүүдөгү жаш окумуштуулардын илимий кадамдары", Түркмөнстандын Телекоммуникация жана информатика институту, Ашхабад, 2023-ж.

Диссертациянын жыйынтыктарынын басылмаларда чагылдырылышынын толуктугу. Изилдөөлөрдүн натыйжалары жана

диссертациялык иштин негизги мазмунун чагылдырган илимий жоболор 18 басма эмгекте жарык көргөн.

Диссертациянын структурасы жана көлөмү

Диссертация кириш сөздөн, төрт бөлүмдөн, корутундулардан жана корутундудан турат, 120 барактан турат, 44 сүрөт, 14 таблица, 3 тиркемеден турат, адабияттар тизмеси 55 аталыштан турат.

ИШТИН МАЗМУНУ

Киришүүдө изилдөө темасынын актуалдуулугун баяндалат, жалпы мүнөздөмөнү жана анын изилдөө деңгээлин көрсөтөлөт, иштин максатын жана милдеттерин ачып берет, илимий жаңылыкты, автор тарабынан коргоого сунуштаган негизги жоболорду жана алардын практикалык маанисин көрсөтөт, изилдөөнүн натыйжаларын жана автордун жеке салымын текшерүүнү камсыз кылат.

Биринчи бөлүктө бургулоо жана жардыруу иштеринде скважиналардын зарядын аба боштуктары менен кеңири жайылтуу технологиясын колдонуу жаатындагы изилдөөлөргө жалпы маалымат берилип, диссертациялык иштин максаты жана милдеттери негизделет.

Жарылуу учурундагы аба боштугунун таасири көптөн бери байкалган. 1940-жылдары Н.В.Мельниковдун эмгегинде жарылууну аба боштуктары аркылуу чачыратылган заряддарды колдонуу менен башкаруу идеясы алгач айтылган. Андан кийин бул идея Н.В.Мельников менен Л.Н.Марченконын биргелешкен эмгектеринде кеңири иштелип чыккан. Марченко 1960-жылдарда. Заряддын конструкциясында аба боштуктарын колдонуу аба көңдөйүндө жарылуунун алгачкы чоку басымынын төмөндөшүнө, тоо текке жарылуунун аракетинин убактысынын көбөйүшүнө, ошондой эле жарылуу көңдөйүндөгү жардыруу продуктулары менен сокку толкундарынын өз ара аракеттенүүсүнө алып келери жалпы кабыл алынган. Ошол эле учурда жакынкы зонада тоо тектерин пайдасыз майдалоого сарпталган энергиянын үлүшү азаят, кеңейип жаткан жарылуу продуктуларынын аракет убактысы көбөйөт, негизди иштетүү жакшырат, сейсмикалык эффект төмөндөйт ж.б.

И.Ф. Жариковтын эмгектеринде, аба боштуктары бар заряддарды жардыруу учурунда жарылуу камерасында детонация продуктыларынын кенейлуусунун газ-динамикалык параметрлеринин ортосундагы байланыш тузулду. Энергияны беруунун рационалдуу механизминин аркасында катуу жана концентрацияланган заряддардын жарылуусуна салыштырганда пайдалуу энергиянын улушун 1,4-1,7 эсе кебейтууге боло тургандыгы керсетулду. Аба боштугу бар заряддан алынган импульстун негизги өзгөчөлүгү - белгилүү бир аралыкта артынан эки максимумдун пайда болушу. Тажрыйбалар жардыргыч заттын массасын сактоо менен импульстардын кайталануу убактысы жана амплитудасы көңдөйдүн индексине көз каранды экендигин көрсөттү. Аба боштугунун кысуу фазасы жана аба көңдөйүндө заряддын жарылуусу учурунда сокку аба толкунунун жаралышы айырмаланат.

Аба боштуктары бар заряд конструкциясын колдонууда кыйратуу зоналарынын өнүгүү процесси академик В.И. Нифадыев. Процесстин кинокадрларын талдоо скважинанын жарылуу ырааттуулугунун белгилерин аныктоого мумкундук берди. Аба боштугу скважинанын ичиндеги модератордун ролун ойной тургандыгы көрсөтүлдү жана бузуу процессин жөнгө салуу мүмкүнчүлүгү далилденди.

Аба боштуктарынын аракет механизминин сапаттык жана сандык мүнөздөмөсү К.Жунусовдун эмгегинде берилген. Автор негизги эффект

детонация толкундарынын, аба боштугунун жана детонация продуктуларынын татаал өз ара аракеттенүүсүнүн натыйжасында пайда болот деп туура эсептейт. Аба боштугу бар заряддын оптималдуу конструкциясынын параметрлерин аныктоо Б.Б.Бажановдун, В. Лу жана башкалар.

Иштерди талдоо жана кароо массивдин гетерогендүүлүгүнүн шарттарында аба боштуктары бар заряддын конструкциясын оптималдаштыруунун толук кандуу ыкмасынын жоктугун көрсөттү, бул казылып жаткан блоктун чектеринде массив жөнүндө толук маалыматтын жоктугу менен шартталган. Технологиялык скважиналарды бургулоочу станоктор менен бургулоодо алынган маалыматты пайдалануу массивдин өзгөрүлмө бекемдик касиеттери жөнүндө керектүү маалыматтарды алуунун эффективдүү жолдорунун бири болуп саналат. Бул ыкма биринчи кезекте карьердин учурдагы иштөө режимин бузбаганы жана жардырылган блоктун тоо тектеринин касиеттерин деталдык түрдө деталдуу түрдө аныктоо үчүн кошумча геофизикалык иштердин чыгымдарын талап кылбаганы үчүн жагымдуу. Кыргыз-Орус Славян университетинин Байланыш жана маалыматтык технологиялар институтунун кызматкерлери тарабынан иштелип чыккан « BlastMaker » программалык-аппараттык комплексинде В.А. Коваленконун айтымында, бул ыкма алдыңкы санариптик технологияларды колдонуу менен иш жүзүндө ишке ашырылууда. Комплекстин иштеши скважинанын бургулоо параметрлерине жараша бургулоонун салыштырма энергия сыйымдуулугунун негизинде массивдин бекемдик мүнөздөмөлөрүн аныктоо ыкмасына негизделген.

Заманбап серверлердин эсептөө кубаттуулугун жогорулатуу контекстинде санариптик технологияларды колдонуу маалыматтардын чоң массивдерин тез жана эффективдүү кабыл алууга жана иштетүүгө, гетерогендик массивде жарылуу энергиясынын бөлүштүрүлүшүнүн табиятын талдоого, скважинанын зарядын долбоорлоо долбоорун редакциялоого жана скважина зарядынын өзгөчөлүктөрүн эске алуу менен аба боштугун колдонуунун таасирин тез арада баалоого мүмкүндүк берет.

Экинчи бөлүктө массивдин гетерогендүүлүгү жөнүндө маалымат алуу үчүн санариптик инструменттердин комплекси жана аба боштугу бар заряддын конструкциясынын жарылуу таасиринин сандык моделдери сүрөттөлөт жана талданат. Мисал катары Кумтөр кенин пайдалануу менен гетерогендүү тоо массасын казып алууда жардыруу тешиктерин долбоорлоодо аба боштугун колдонуунун натыйжасы изилдөөнүн объектиси болуп саналат. Аба боштугун колдонуу жарылуунун сапатын жакшыртат, ошол эле учурда жарылуучу заттарды керектөө жана айлана-чөйрөгө сейсмикалык таасирин азайтат деп эсептелинет. Демек, изилдөөнүн предмети кысылган аба боштугунун ичиндеги газ-динамикалык процесстер жана жарылуучу жүктөмдөгү майдалоо зоналарынын пайда болушу.

Сандык моделдештирүү үчүн маалыматтык-эсептөө базасы болуп 286,7 Gflops максималдуу өндүрүмдүүлүгү менен 64 Intel Xeon процессоруна негизделген жана Tesla K40 чечүүчү, 1536 CUDA өзөгү, эң жогорку көрсөткүчү 3 болгон жогорку натыйжалуу T-Edge64 кластери саналат. Графикалык

чечүүчүлөргө негизделген TFlops. Эсептөөлөр акыркы элементтер ыкмасын колдонушат, анын негизги идеясы татаал моделделген аймактарды чектүү сандагы жөнөкөй субрайондорго - чектүү элементтерге бөлүү болуп саналат. Массивдин гетерогендүүлүгү жөнүндө маалыматты " BlastMaker " программалык-аппараттык комплексинин чөйрөсүндө алууга болот. Бургулоо маалыматтарын чогултуунун жана талдоонун негизинде бургулоонун энергия сыйымдуулугу эсептелет жана массивдин гетерогендүүлүгүнүн үч өлчөмдүү санарип модели курулат.

Скважина зарядындагы аба боштугун колдонуу менен массалык жарылуудан сейсмикалык таасир Садовскийдин формуласы жана чектүү элементтер ыкмасы боюнча аналитикалык ыкманын негизинде бааланат. Бөлүмдө сейсмикалык таасирди баалоо ыкмалары талкууланат.

Үчүнчү бөлүктө скважина зарядындагы аба боштугун колдонуунун эффектин сандык моделдөө үчүн программалык жана аппараттык каражаттардын эсептөө комплекси сүрөттөлөт.

Аба боштугу бар заряддын конструкциясынын тоо массасын майдалоо процессине тийгизген таасири так динамикалык талдоо куралын колдонуу менен сандык моделдөө жолу менен толук чагылдырылышы мүмкүн. Композиттик заряддан жакынкы зонаны жок кылууну эки өлчөмдүү жана үч өлчөмдүү моделдөө мүмкүнчүлүгүн ишке ашырган программалык пакеттердин бири ANSYS коммерциялык продуктусу болуп саналат. AUTODYN катуу заттардын, суюктуктардын, газдардын жана алардын өз ара аракеттенүүсүнүн жогорку сызыктуу эмес динамикасын моделдөө үчүн иштелип чыккан, бул жогорку ылдамдыктагы сокку же жарылуу сыяктуу тез процесстерди эсептөөгө мүмкүндүк берет.

ANSYS пакети AUTODYN скважинадагы газ-динамикалык процесстерди майда-чүйдөсүнө чейин карап чыгууга мүмкүндүк берет. Бирок, майдалоо зонасын баалоо үчүн, программанын айрым мүмкүнчүлүктөрү чектелүү. Мисалы, гетерогендүү тоо массивинин катмарларынын татаал геометриясын орнотууда ANSYS AUTODYN абдан көп эмгекти талап кылат, графикалык процессорлордо эсептөөнү параллелдештирүүгө эч кандай мүмкүнчүлүк жок, бул эсептөө кубаттуулугунун учурдагы деңгээлин эске алганда, эсептөөнүн байкаларлык тездетилишине өбөлгө түзөт. Программанын материалдык китепканасында тоо тектердин физикалык-механикалык касиеттерин ыйгаруу 15тен кем эмес параметрди коюу менен ишке ашырылат, ал эми өндүрүштө геологиялык кызмат тектердин үчтөн көп эмес негизги параметрлери менен иштейт. Жардыргыч жүктү моделдөө көп убакытты талап кылат.

Жардыруу зонасын баалоо үчүн стержень элементтерин колдонуу менен эсептөөлөрдүн жөнөкөйлүгүн жана ылдамдыгын камсыз кылуучу сандык моделдөө куралы иштелип чыккан. Бул куралда, киргизүү параметрлеринин саны кыйла кыскарган. Массивдин гетерогендүүлүгүн BlastMaker тутумунан энергетикалык кубаттуулуктун блоктук модели катары импорттоого же ImpactMesher программасында көрсөтүүгө болот. Бул программа КРСУ ИКИТтин ички иштеп чыгуусу болуп саналат, бул тоо тектеринин домендерин жана

массасындагы жүктөрдү көрсөтүүгө мүмкүндүк берет.

Массивдин чыңалуу-деформацияланую абалын сандык моделдөө үчүн төмөнкү бузулуу шартын канааттандырган серпилгич-морт модели колдонулган :

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\begin{aligned} \sigma_{ij} &> \sigma_p, \quad при \quad растяжении, \\ -\sigma_{ij} &> \sigma_{сж}, \quad при \quad сжатии. \end{aligned} \quad (1)$$

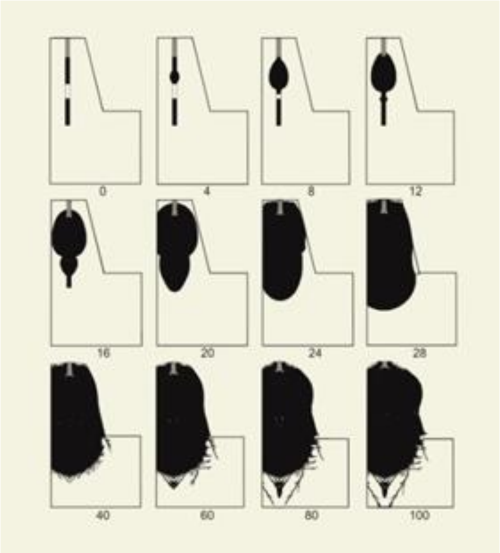
бул жерде σ_{ij} *элементтин* чыңалуусу ij, σ_p тартылуу чеги, $\sigma_{сж}$ кысуу күчү чеги. Процесстин динамикасы жана убакытты интеграциялоо схемасы ачык схеманын жардамы менен берилген, ал бизге оор катаал матрицадан баш тартууга жана ошону менен эсептөө убактысын чоңдуктар боюнча кыскартууга мүмкүндүк берет.

Тетраэдрдик элементтердин бирдей саны үчүн бир процессордогу майдалоо зонасын эсептөө үчүн талап кылынган убакытты салыштыруу ANSYS коммерциялык продуктусуна салыштырмалуу өзөктүү элементтер ыкмасынын артыкчылыгын көрсөттү. AUTODYN убактысы боюнча 30%ке чейин жана параллелдүү эсептөө технологиялары майдалоо зонасын эсептөө тапшырмасын 5 эседен ашык тездетүүгө жетишүүгө мүмкүндүк берди.

Төртүнчү бөлүктө скважиналардын заряддарындагы аба бoштугунун эффектисинин эксперименталдык изилдөөлөрүнүн натыйжаларын сандык моделдөөнүн маалыматтары менен салыштыруунун натыйжалары берилген. Келтирилген мисалдар сандык моделдөөнүн натыйжаларынын ишенимдүүлүгүн далилдейт.

В.И. жетектеген илимий топ тарабынан жазылган аба боштугу бар заряд конструкциясын колдонуу менен органикалык айнекте кыйратуу зоналарынын пайда болуу процессинин мисалында сыналат жана жөндөлгөн. Нифадыев. Экспериментте органикалык айнектеги PETN (70%) жана полистирол (30%) аралашмасынын жарылуусу каралган. Заряддын долбоорунда аба боштугу колдонулган. Процесстин кинокадрларын талдоо скважинанын айрым участокторунун жарылуу ырааттуулугун аныктоого мумкундук берди. Ошентип, аба боштугу скважинанын ичиндеги модератордун ролун ойной тургандыгы жана жок кылуу процессин жөнгө салууга мүмкүндүк берери аныкталган. Бул жыйынтыктар толугу менен сандык моделдөө ыкмасын колдонуу менен кайталанган (1-сүрөт).

ANSYS чөйрөсүндө сандык эки өлчөмдүү моделдөөнүн эсептөөлөрү көрсөткөндөй AUTODYN, аба боштугу бар заряддан алынган импульстун негизги өзгөчөлүгү - белгилүү бир байкаларлык интервал м- менен кийинки эки максимумдун пайда болушу. Узактыгы аба боштугун кысууга кеткен убакыт менен аныкталат. Графиктерди салыштыруу бизге аба боштугунун аймагында экенин ырастоого мүмкүндүк берди Жардыруу толкунунун амплитудасы да 10-16 эсеге азаят. Энергияны тоо текке өткөрүп берүү процессинин негизги механизми узак убакытка созулган экспозицияга байланыштуу, бул эксперименталдык изилдөөлөрдүн натыйжаларына туура келет.



А) б)

1- сүрөт–Деструкция процессинин ар кандай этаптарында аба боштугун колдонууда органикалык айнектин бузулуу аймактарын салыштыруу, убакыт мс менен көрсөтүлөт: а) эксперимент, б) сандык модель

Эсептөөлөр ошондой эле тоо тектеринин бузулушунун мүнөзүнө туурасынан кеткен сокку толкундарынын таасирин аныктоого мүмкүндүк берди. Атап айтканда, детонация толкунунун фронтунун скважина дубалына нормалдуу бурчта таралышы, детонация толкунунун фронтунун табигый ийрилигинен улам идеалдуу детонацияланбаган жардыргыч заттын детонация толкунунун фронтунун өз ара аракеттенүү зонасында басымдын пульсациясына жана скважина дубалы менен жардыруу продуктуларынын, газ-динамикалык беттин детонациясынын жана абанын ар кандай байланыш продуктуларынын детонациясына алып келиши мүмкүн экени көрсөтүлгөн. кайра-кайра чагылышкан жана сынган узунунан жана туурасынан кеткен сокку толкундарынын тектеги термелүү таасиринин себеби болуп саналат.

Ошентип, сандык моделдөө каражаттары кысылган аба боштугунун аймагында ар кандай газ-динамикалык процесстерди кайра чыгарууга жана аба боштугун колдонуу менен ар кандай заряд конструкцияларын колдонууда кыйратуу зоналарын түзүүнүн негизги процессин так көрсөтүүгө мүмкүндүк берет.

Бешинчи бөлүктө аба боштугу бар ар кандай заряд конструкцияларынын гетерогендик массивге тийгизген таасири боюнча үч өлчөмдүү сандык эксперименттердин сериясынын натыйжалары каралат жана скважиналардын заряддарын долбоорлоодо аба боштугунун таасирине баа берилет.

Массивдеги тектер өзгөрүлмө бекемдик касиеттери менен мүнөздөлөт, алар жардыргыч заттарды бөлүштүрүүдө жана скважинадагы аба боштуктарында эске алынууга тийиш. "BlastMaker" программалык-аппараттык

комплексинин чөйрөсүндө алынган массивдин бир тектүү эместиги жөнүндө маалыматты бургулоочу блоктун чектеринде бургулоонун салыштырма энергия сыйымдуулугун бөлүштүрүү түрүндө пайдалануу мүмкүнчүлүгү каралат.

Жардыргыч заттардын күчтүү катмарлардын абалына карама-каршы жайгашуусу өзгөчө кызыгууну туудурат. Сандык моделдөөнүн натыйжалары көрсөткөндөй, жарылуучу энергияны натыйжасыз пайдалануу тоо тектеринин тегиз эмес майдалануу жана чоң көлөмдөгү тоо тектерин чыгаруу коркунучун жогорулатат. Жардыргыч заттардын массивдин күчтүү участокторуна салыштырмалуу позициясын жылдыруу менен алсызыраак катмарлардын ашыкча майдалануусу байкалат. Жарылуучу карама-каршы күчтүү катмарлардын так жайгашуусу массивде энергиянын бирдей бөлүштүрүлүшүн камсыздайт. Бул массивдин өнүгүүсүн 6-10% жакшыртат.

Берилген сандык моделдөөнүн натыйжаларынан гетерогендүү массивде тоо тектеринин пайда болуу өзгөчөлүктөрүн эске алуу казылып алынган блокту бир калыпта майдалоого, массивди казып алуунун эффективдүүлүгүнө жетишүүгө мүмкүндүк берет жана ошол эле учурда жардыргыч заттарды бир аз үнөмдөөгө да мүмкүн боло тургандыгы келип чыгат.

Кумтөр кенинен алынган маалыматтарды колдонуу менен аба боштуктарын пайдалануу бургулоо иштеринин энергия сыйымдуулугунун маалыматтарына негизделген. Кен үчүн бургулоонун энергия сыйымдуулугун мейкиндик боюнча деталдуу бөлүштүрүү массивдин калыңдыгы болжол менен 3 - 3,5 метрге жеткен үстүнкү бөлүгүн бөлүп алууга мүмкүндүк берет, бул горизонттордогу тоо-кен иштеринин талкаланган тоо тектеринин катмары.

Кумтөр карьеринин шартында заряд конструкциясын оптималдуу аныктоо үчүн ишканадагы бургулоо жана жардыруу иштеринин негизги параметрлерине туура келген станок менен блоктун уч өлчөмдүү санариптик модели даярдалган жана геологиялык кызматтын маалыматтарынын жана бургулоонун энергия интенсивдүүлүгүн бөлүштүрүүнүн негизинде айлана-чөйрөнүн физикалык-механикалык касиеттери аныкталган.

Аба боштугунун үлүшү жарылуучу узундуктун 0,1-0,7 диапазонунда өзгөрүлүп турган. Модельдештирүүнүн натыйжалары боюнча аба боштугунун эң оптималдуу узундугу жарылуучу узундуктун 0,1-0,2 бөлүгүн түзгөн. Эгерде аба боштугунун үлүшү көбүрөөк болсо, талкаланган элементтердин үлүшүнүн сызыктуу азайышы байкалат, бул массивдин начарлашынын жана чоң объекттердин пайда болуу ыктымалдыгын жогорулатат. Экинчиден, Садовский теңдемесине ылайык, аба боштугунун үлүшүнүн көбөйүшү жана жарылуучу заттын үлүшүнүн азайышы менен тоо тектерине болгон сейсмикалык жүк азаят. Аба боштугунун эффектинин эсебинен заряддын 10-20%га азайышы сейсмикалык таасирди 4-6%га төмөндөтүүгө мүмкүнчүлүгүнү ээ болот. Бул эффект деформация зонасына жакын жерде жардыруу иштерин жүргүзүүдө өзгөчө маанилүү.

Ошентип, сандык ыкмаларды колдонуу Кумтөр ишканасынын кендеринин шарттарында тектердин орточо бекемдиги үчүн аба боштуктарынын эң

оптималдуу өлчөмү жарылуучу заттын узундугунун 10-20% түзөт деп ырастоого мүмкүндүк берди.

КОРУТУНДУ

гетерогендүү тоо массасынын шарттарында аба боштугун колдонуу менен заряддардын конструкциясын оптималдаштырууда санариптик инструменттерди практикалык колдонуу методдорун иштеп чыгуудан турган актуалдуу илимий маселенин чечилишин карайт.

Иштин негизги илимий натыйжалары жана корутундулары:

1. өзгөчө энергия сыйымдуулугу процесстин жүрүшүндө массивдин бекемдик касиеттеринин гетерогендүүлүгүнүн мүнөзү жөнүндө оперативдүү маалыматты алууга мүмкүндүк берет жана заряддын структурасын долбоорлоо үчүн маалымат базасы болуп саналат ;
2. Эсептөөлөр тоо тектердин бузулушунун мүнөзүнө туурасынан кеткен сокку толкундарынын олуттуу таасирин көрсөттү. Атап айтканда, сокку толкунунун фронтунун ийрилигинин, газ-динамикалык туруксуздуктан улам газдын бир тектүү эместигинен пайда болгон көп чагылдырылган толкундардын таасиринин таасири көрсөтүлгөн ;
3. Күчтүү участоктордун абалын аба боштугу колдоо массивдин жакшыртылган иштетилишин, бүт массивдин бир калыпта майдаланышын жана майдалоо зонасын 6-10%ке көбөйтүүнү камсыз кылат;
4. Кумтөр карьеринде блокту иштетүү үчүн скважиналардагы аба боштугу 10-20% узундуктагы менен скважинанын ортосундагы аба боштугун пайдалануу жардыргыч заттардын салыштырма чыгымын жана жумшак сейсмикалык таасирди азайтууну камсыз кылат.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН ТЕМАСЫ БОЮНЧА ЖАРЫЯЛАНГАН ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. Коваленко В.А. Сандык моделдөөнүн жардамы менен карьерде жүргүзүлгөн жардыруу иштеринин жер астындагы кен иштерине сейсмикалык таасиринин салыштырма анализи [Текст] / В.А. Коваленко, М.А.Райымкулов, Д.А. Воробьев // Кыргыз - Россия Славян университетинин жарчысы. – 2015. – Т.15. – № 3. – Б. 116-119. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: http://vestnik.krsu.edu.kg/ky/archive/54/2134.
2. Коваленко В.А. Чектүү элементтер ыкмасын колдонуу менен корголгон курулуштарга жардыруу иштеринин сейсмикалык таасирин моделдөө [Текст] / В.А. Коваленко, М.А. Райымкулов, Д.А. Воробьев // Илимде, башкарууда, социалдык чөйрөдө жана медицинада маалыматтык технологиялар : 2 - Эл аралык конф. материалдар жыйнагы – Томск политехникалык университети, Томск, 2015. – Б. 51 - 54.
3. Нифадьев В. И. Механизм аракеттер аба интервал жакшы айыптар [Текст]/ В.И. Нифадьев, В.А. Коваленко, М.А. Райымкулов, П.В. Комиссаров, Б.Б.Басакина // Кыргыз-Россия Славян университетинин жарчысы. – 2017. – Т.17. – № 12. – Р. 170-174. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: http://vestnik.krsu.edu.kg/archive/34/1506.
4. Коваленко В.А. Тоо тектеринин геологиялык гетерогендүүлүгүн эске алуу менен массалык жарылуулар учурундагы сейсмикалык таасирди моделдөө [Текст] / В.А. Коваленко, М.А. Райымкулов, Д.А. Воробьев, В.А. Борисенко// Илимий изилдөөдөгү заманбап техника жана технологиялар: 9чу жаш илимпоздордун жана студенттердин конференциясы - Бишкек: НС РАН, 2017. - Б.221-225. - Ошол эле: [Электрондук ресурс]. - Кирүү режими: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29150579&pff=1.
5. Коваленко В.А. Массивдеги скважина зарядынын ар кандай конструкцияларынын жарылышын моделдөө [Текст] / В.А. Коваленко, М.А. Райымкулов, Д.А. Воробьев // Илимий изилдөөлөрдөгү заманбап техника жана технологиялар: 9чу жаш илимпоздордун жана студенттердин конференциясы - Бишкек: НС РАН, 2017. - Б. 225 - 228.
6. Нифадьев В.И. Тоо тектеги жаракалардын баштапкы тармагынын себеби катары аба боштуктары менен дисперстелген скважина зарядынын жарылуусу учурундагы газ-динамикалык туруксуздук [Текст] / В.И. Нифадьев, В.А. Коваленко, М.А.Райымкулов, П.В. Комиссаров, Б.Б.Басакина // Кыргыз-Россия Славян университетинин жарчысы. - 2018. - Т.18. - № 4. - Б.175-179. - Ошол эле: [Электрондук ресурс]. - Кирүү режими: http://vestnik.krsu.edu.kg/ky/archive/4/62.
7. Комиссаров П.В. Дисперстүү скважина зарядынын сегментинин жарылуусу учурундагы аба боштугундагы кайчылаш эффекттер [Текст] / П.В. Комиссаров, В.И. Нифадьев, В.А. Коваленко, М.А.Райымкулов, Б.Б.Басакина// Күйүү жана жарылуу. - 2018. - Т.11. - № 3. - Б.103-109 - Ошол эле: [Электрондук ресурс]. - Кирүү режими: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36008996.
8. Коваленко В.А. Скважиналар аба боштугун пайдалануунун натыйжалуулугун баалоо / В.А. Коваленко, М.А.Райымкулов, П.В. Комиссаров,

Б.Б.Басакина // Тоо-кен өнөр жайы. - 2018. - Т.10. - № 2. - Б.216-218. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: https://dprom.online/mining/otsenka-effektivnosti-ispolzovaniya-vozdushnogo-promezhutka-v-skvazhinnyh-zaryadah/.
9. Коваленко В.А. Скважиналардагы аба боштугун пайдалануунун эффективдүүлүгү [Текст] / В.А. Коваленко, М.А. Райымкулов // Карьердеги прогрессивдүү технологиялар. Конф. материалдарынын жыйнагы. - КРСУ, Бишкек, 2018. - Б.42 - 48.
10. Райымкулов М.А. Тоо-кен өндүрүшүнүн көйгөйлөрүн чечүү үчүн жогорку натыйжалуу эсептөө ресурстары [Текст] / Райымкулов М.А.// Илимий изилдөөлөрдөгү заманбап техника жана технологиялар: 11-чи жаш илимпоздордун жана студенттердин конференциясы — Бишкек: АКК, 2019. - Б.158-159. - Ошол эле: [Электрондук ресурс]. - Кирүү режими: http://mmk.gdirc.kg/archive/.
11. Райымкулов М.А. Скважиналарды жардыруу учурунда гетерогендүү тоо массасынын майдалануу зоналарын болжолдоо үчүн сандык моделдөө каражаттары [Текст] / М.А. Райымкулов, Э.Ш. Сыдыков// Илимий изилдөөлөрдөгү заманбап техника жана технологиялар: 12-чи жаш илимпоздордун жана студенттердин конференциясы - Бишкек: АКК NS, 2020. – Б. 450-452.- Ошол эле: [Электрондук ресурс]. - Кирүү режими: http://mmk.gdirc.kg/archive/.
12. Коваленко В.А. "Жардыруучу" системасынын негизинде скважина заряддарынын жарылышын көзөмөлдөө мүмкүнчүлүктөрү [Текст] / В.А. Коваленко, В.В. Григорьев, М.А. Райымкулов Механиканын акыркы маселелери. Сер.3. - 2020. - № 41. - Б.99-109.
13. Коваленко В.А. "Жардыруучу" ПТК: скважиналардын жарылуусун көзөмөлдөө жолунда санариптик технологиялар [Текст] / В.А. Коваленко, В.В. Григорьев, М.А. Райымкулов// Алтын жана технология. - 2020. – Т.48. – №2. – Б. 74-78. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: https://zolteh.ru/technic/ptk_blast_maker_tsifrovye_tekhnologii_na_puti_k_upravleniyu_vzryvom_skvazhinnykh_zaryadov/.
14. Коваленко В.А. Михайловский тоо-кен байытуу комбинатынын шартында ПТК "Жардыруучу" өндүрүшүн даярдоонун санариптик технологиясы [Текст] / В.А. Коваленко, Э.А. Умрихин, М.А. Райымкулов // Глобус. - 2020. – Т. 62. - №3. - Б.146-151. - Ошол эле: [Электрондук ресурс]. - Кирүү режими: https://www.vnedra.ru/tehnologii/informacionnye-tekhnologii/czifrovaya-tehnologiya-podgotovki-proizvodstva-ptk-blast-maker-v-usloviyah-mihajlovskogo-goka-11361/.
15. Григорьев В.В. ПТК BlastMaker: бургулоонун энергия сыйымдуулугунун маалыматтарын колдонуу тажрыйбасы [Текст] / В.В. Григорьев, М.А. Райымкулов // Глобус. - 2022. - Т. 72. - №3. - П. 130 - 134. - Ошол эле: [Электрондук ресурс]. - Кирүү режими: https://www.vnedra.ru/tehnologii/ptk-blast-maker-opyt-primeneniya-dannyh-energoyomkosti-bureniya-18868/.
16. Апакашев Р.А. Скважина зарядын долбоорлоодо аба боштугун колдонуунун натыйжасын болжолдоо маселелеринде сандык моделдөө методу

[Текст] / Р.А. Апакашев, С.Ф. Усманов, М.А. Райымкулов // Урал мамлекеттик тоо университетинин жарчысы - 2022. - Т 22. – №6. - Б.114-124.
17. Григорьев В.В. " BlastMaker " программалык-аппараттык комплекси : ар кандай тоо-кен жана технологиялык шарттарда бургулоонун энергия сыйымдуулугу жөнүндө маалыматтарды колдонуу мүмкүнчүлүктөрү [Текст]/ В.В. Григорьев, М.А. Райымкулов, А.О. Киселев// Казакстандын тоо-кен журналы - 20 23. – № 6. - Б.9-16. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. - Кирүү режими: https://minmag.kz/ru/software-hardware-complex-blastmaker/ .
18. Колосов В.А. «Полиметалл башкаруу компаниясы» АК ишканаларында « BlastMaker » бургулоо-жардыруу иштеринин автоматташтырылган долбоорлоо системасын колдонуу [Текст] / В.А. Колосов, В.Г. Долгушев, А.И. Илларионов, М.А. Райымкулов // Mining Journal of Kazakhstan - 2023. - № 6. - Б.18-21. - Ошол эле: [Электрондук ресурс]. - Кирүү режими: https://minmag.kz/kk/2023/07/03/исключение- системы-автоматизиро-5 /.

КОРУТУНДУ

25.00.22 – « Геотехнология (жер астындагы, ачык түрдөгү)» адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын алуу үчүн Райымкулов Марат Аширбековичтин «Сандык моделдөө ыкмасын колдонуу менен тоо массасына аба боштугу бар зарядды колдонуу менен массалык жарылуунун таасирин изилдөө» деген темасындагы диссертациясына.

Негизги сөздөр: заряддын конструкциясы, аба боштугу, бургулоонун энергиясынын параметри, бургулоо жана жардыруу иштеринин проекти, жардыруу менен майдалуу зона.

Изилдөөнүн объектиси: аба боштугу бар заряддын оптималдуу конструкциясы.

Изилдөөнүн максаты массивдердин гетерогендүүлүгүнүн шарттарында скважиналардын заряддарындагы аба боштугун пайдалуу сандык моделдөө менен болуп саналат.

Изилдөө ыкмалары: диссертацияда скважиналардын заряддарындагы аба боштугун пайдалануу жаатындагы анализди, теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдү илимий жалпылоону, тоо-кен иштеринде сандык моделдөө куралдарын жана санарип технологияларды колдонууну айкалыштырган комплекстүү метод колдонулат.

Алынган натыйжалар жана алардын жаңылыгы: бургулоонун энергиясынын параметри бул заряд конструкциясы аба боштугу менен параметри үчүн маалыматтык база катары пайдалануу сунушталды;

- эки өлчөмдүү формуладагы эсептөөлөр сокку толкунунун фронтунун ийрилигинин, тоо тектердин бузулуу табиятына туурасынан кеткен сокку толкундарынын газ-динамикалык туруксуздугунан улам газдын бир тектүү эместигинен келип чыккан көп чагылдырылган толкундардын пайда болушунун олуттуу таасирин көрсөттү;
- күчтүү участоктордун абалын аба боштугу колдоо массивдин жакшыртылган иштетилишин, бүт массивдин бир калыпта майдаланышын жана майдалоо зонасын 6-10%ке көбөйтүүнү камсыз кылат;
- Кумтөр карьеринде блокту иштетүү үчүн скважиналардагы аба боштугу 10-20% узундуктагы менен скважинанын ортосундагы аба боштугун пайдалануу жардыргыч заттардын салыштырма чыгымын жана жумшак сейсмикалык таасирди азайтууну камсыз кылат.

Колдонуу чөйрөсү: изилдөөлөрдүн натыйжалары массивдин бир тектүү эместигин эске алуу менен аба боштугу бар зарядды орнотуу функционалынын алкагында «BlastMaker» автоматташтырылган долбоорлоо системасына киргизилген жана «Кумтөр», «Полиметалл» жана башка тоо-кен ишканаларында колдонулат.

Колдонуу чөйрөсү: бургулоо жана жардыруу иштерин долбоорлоодо жардыруу иштеринин сапатын болжолдоо, карьерлерде тоо-кен иштерин оптималдаштыруу.

SUMMARY

of the dissertation of Marat Ashirbekovich Raimkulov on the topic: "Research of the impact of a mass explosion using a charge with an air gap on a rock mass using the numerical modeling method" for the degree of candidate of technical sciences in specialty 25.00.22 - "Geotechnology (underground, open)"

Keywords: charge construction design, air gap, drilling energy intensity, drilling and blasting project, crushing zone.

Objective of the dissertation: optimal design of a charge with an air gap.

The subject of the research: evaluation of the efficiency of using an air gap in borehole charges in conditions of heterogeneity of the massif using the numerical modeling method.

Research methods: the dissertation uses a comprehensive method combining analysis, scientific generalization of theoretical and experimental research in the field of using an air gap in borehole charges, the use of numerical modeling tools and digital technologies in mining.

The results obtained and their novelty:
- the use of the parameter of specific energy intensity of drilling as an information base for designing the design of a charge with an air gap is proposed;
- calculations in a two-dimensional formulation showed a significant influence of the curvature of the shock wave front, the formation of multiple reflected waves caused by gas inhomogeneities due to gas-dynamic instability of transverse shock waves on the nature of rock destruction;
- precise positioning of the charge taking into account the location of strong sections ensures improved massif development, uniform crushing of the entire massif and an increase in the crushing zone by 6-10%;
- the use of an air gap between the stemming and the charge with a length of 10-20% of the charge length in wells for block development at the Kumtor quarry ensures a reduction in the specific consumption of explosives and a gentle seismic impact.

Degree of use: the research results have been implemented in the automated design system "BlastMaker" as part of the functionality for setting a charge with an air gap taking into account the heterogeneity of the massif and are used at such mining enterprises as "Kumtor", "Polymetal" and others.

Scope of application: forecasting the quality of blasting operations when designing drilling and blasting operations, optimization of mining operations in quarries.

РЕЗЮМЕ

диссертации Райымкулова Марата Ашырбековича на тему: «Исследования воздействия массового взрыва с применением заряда с воздушным промежутком на горный массив методом численного моделирования» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 - «Геотехнология (подземная, открытая)»

Ключевые слова: конструкция заряда, воздушный промежуток, энергоемкость бурения, проект буровзрывных работ, зона дробления.

Объект исследования: оптимальная конструкция заряда с воздушным промежутком.

Цель исследования: оценка эффективности применении воздушного промежутка в скважинных зарядах в условиях неоднородности массива методом численного моделирования.

Методы исследований: в диссертационной работе использован комплексный метод, сочетающий анализ, научное обобщение теоретических и экспериментальных исследований в области применения воздушного промежутка в скважинных зарядах, применение инструментов численного моделирования и цифровых технологий в горном производстве.

Полученные результаты и их новизна:

- предложено применение параметра удельной энергоемкости бурения в качестве информационной базой для проектирования конструкции заряда с воздушным промежутком;
- расчеты в двумерной постановке показали существенное влияние кривизны фронта ударной волны, формирования множественных отраженных волн обусловленных неоднородностями газа вследствие газодинамической неустойчивости поперечных ударных волн на характер разрушения породы;
- точное позиционирование заряда с учетом положения прочных участков обеспечивает улучшение проработки массива, равномерное дробление всего массива и увеличение зоны дробления на 6-10%;
- применение воздушного промежутка между забойкой и зарядом с длиной 10-20% от длины заряда в скважинах для отработки блока на карьере «Кумтор» обеспечивает снижение удельного расхода взрывчатого вещества и щадящее сейсмическое воздействие.

Степень использования: результаты исследований внедрены в систему автоматизированного проектирования «BlastMaker» как часть функционала задания заряда с воздушным промежутком с учетом неоднородности массива и используются на таких горных предприятиях как «Кумтор», «Полиметалл» и др.

Область применения: прогнозирование качества взрывных работ при проектировании буровзрывных работ, оптимизация горных работ на карьерах.