

## АНДАТПА

6D070700 – «Тау-кен ісі» мамандығы бойынша  
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін диссертация

**Орынбай Асфандияр Айтқазыұлы**

### **АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР НЕГІЗІНДЕ ЖАРЫЛҒЫШ ЖЫНЫСТАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ АНЫҚТАУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІН ӘЗІРЛЕУ**

#### **Тақырыптың өзектілігі.**

Әлемнің тау-кен кәсіпорындарында массивтің жарылатын бөлігінде ЖЗ зарядтарының орналасу параметрлері тәжірибелік деректер негізінде қабылданады және өзінің эксперименттік растауын талап етеді. Тау жыныстарын жарылғыш әдіспен қазып алуға дайындау технологиялық шешімдердің ғылыми негіздемесін қажет етеді. Тау-кен кәсіпорындарындағы бұрғылау-жару жұмыстарының басты нәтижелерінің бірі жарылған тау-кен массасының құрылымы, яғни жарылған жыныстардың гранулометриялық құрамы, олардың ұсақтау аймақтарын орналастыру, жыныстардың құлауында кесілетін массив қабатының гетерогенді жыныстарын орналастыру болып табылады.

Карьерлерде жарылған тау жыныстарының құрылымдық сипаттамаларын қалыптастыру заңдылықтарын анықтау және оларды автоматтандырылған анықтау тау-кен ғылымы мен өндірісінің маңызды және өзекті міндеті болып табылады.

Көптеген ғылыми жұмыстар осы мәселені шешуге арналған. Кейбір авторлар жарылған тау жыныстарының сапасын бағалау үшін Кузнецов пен Розин-Рамблердің атақты авторларының Kuz-Ram тау жыныстарының бөлшектердің мөлшерін бөлудің белгілі моделін қолданады. Басқа авторлар (P. N. S. W. Kulatilaka, M. Monjezi) нейрондық желілерді пайдалану негізінде жарылған тау жыныстарының гранулометриялық құрамына болжам жасауға тырысады. Тау жыныстарының құлауының ішкі құрылымын анықтау үшін тензорлық есептеулерді қолдану ұсынылады (Галянов а.в.). Алайда, мұндай әрекеттер инженерлік есепке алынбаған, өйткені олар жарылыспен тау жыныстарын бұзудың нақты механизмін ескермейді.

Қойылған міндетті шешу үшін бұл жұмыста академик Б. Р. Ракишев әзірлеген, академик М. А. Садовский, е. и. Шемякин, профессорлар Г. и. Покровский, в. Н. Родионов қатты ортада ЖЗ (жарылғыш зат) жарылысының кезең-кезеңмен дамуы туралы идеясына негізделген және тау жыныстарының нақты массивін бұзудың танымал моделінен басқа белгілі, жарылыс зарядының жарылуынан пайда болған қуыстың мөлшерімен бағалайтын, моделі қолданылған. Ракишев жарылыс қуысының шекті радиусының өзгеру заңдылықтарын анықтады – жыныстардың физика-механикалық қасиеттеріне, қолданылатын жарылғыш заттың физика-химиялық сипаттамаларына және жыныстар массивінің кесілген қабатының жарылу жағдайларына байланысты ЖЗ цилиндрлік зарядтарын жару кезінде қатты ортадағы жарылыстың негізгі нәтижесі. Олар карьерлердегі жарылыс жұмыстарының тиімді инновациялық технологияларын таңдау үшін ғылыми негіз құрайды.

**Зерттеудің мақсаты** – жарылған тау жыныстарының құрылымдық сипаттамаларын қалыптастыру заңдылықтарын анықтау және жарылған жыныстардың гранулометриялық құрамын автоматты түрде анықтаудың инновациялық әдістерін жасау, оларды ұсақтау

аймақтарын орналастыру, жыныстардың құлауында массивтің кесілген қабатының гетерогенді жыныстарын орналастыру.

**Жұмыстың негізгі ойы** сандық технологиялар негізінде жарылған тау жыныстарының құрылымдық сипаттамаларын автоматтандырылған болжаудың инновациялық әдістерін қолдана отырып, Карьерлердегі жаппай жарылыстардың тиімділігін арттыру болып табылады.

#### **Зерттеу міндеттері:**

Қойылған мақсатқа сәйкес диссертацияда келесі міндеттер тұжырымдалған:

1. Жарылған тау жыныстарының гранулометриялық құрамын болжаудың жаңартылған аналитикалық әдісін жасау, тау жыныстарының қирауында тау жыныстарын ұсақтаудың әртүрлі аймақтарын орналастыру.

2. Жарылған блоктың координаталық торының түйіндік және ішкі нүктелерін анықтаудың жаңа әдістерін жасау, тау-кен қирауында жарылған кемер қабатының гетерогенді жыныстарын орналастыру.

3. Жарылыстардың нәтижелерін имитациялау, визуализациялау және оларды нақты уақыт режимінде басқару үшін ақпараттық эксперименттік платформаны (АЭП) әзірлеу.

#### **Қорғауға шығарылатын негізгі ережелер:**

1. Кернеулер толқындарының, ЖЗ жарылысының детонациясы өнімдерінің және орын ауыстыру кезінде ірі кесектердің соғылуының жиынтық әсері есебінен жарылған тау жыныстарының гранулометриялық құрамының қалыптасуы жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттерінің әр түрлі үйлесуіне, массивтің блоктылығына, қолданылатын ЖЗ химиялық-физикалық сипаттамаларына, жыныстардың кесілетін қабатындағы зарядтардың орналасу параметрлеріне байланысты болады.

2. Тау-кен қирауында кемердің гетерогенді жыныстарын орналастыру кемердің жарылған блогының тораптық нүктелерінің және жарылатын және жарылған блоктардың координаталық торының элементтерінің ішкі нүктелерінің координаттарымен анықталады. Олар түйіндік нүктелер координаттарының өзгеруінің пропорционалдылық коэффициентіне және жарылатын және жарылған блоктардың координаталық торының элементінің қозғалу функциясына байланысты.

3. "Жыныстар массивіндегі табиғи даралықтардың гранулометриялық құрамы", "жыныстарды қарқынды ұсақтау аймақтарының өлшемдері", "кемердегі зарядтардың орналасуының ұтымды параметрлері", "жарылған тау жыныстарының гранулометриялық құрамы", "қираған жыныстардың орналасуы" бағдарламалық модульдерінің жиынтығы карьерлердегі жарылыстың әсерінен тау жыныстарының бұзылу процесін басқаруға арналған ақпараттық-эксперименттік платформа (АЭП) болып табылады.

#### **Зерттеудің негізгі нәтижелері:**

1. Кернеулер толқындарының әрекеті, детонация өнімдерінің әрекеті және ірі кесектердің соқтығысуы есебінен жарылатын кемер блогының бірлескен бұзылуын есепке алу негізінде жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттерінің әр түрлі үйлесуіне, массивтің блоктылығына, қолданылатын ЖЗ химиялық-физикалық сипаттамаларына, БЖЖ параметрлеріне байланысты жарылған тау жыныстарының гранулометриялық құрамының қалыптасу заңдылықтары анықталды. Әр түрлі жару жағдайларында жарылған

жыныстардың гранулометриялық құрамын автоматты түрде анықтауға арналған бағдарламалық жасақтама жасалды.

2. Жарылатын және жарылған кемер блоктарының координаталық торларын пайдалана отырып, қирауындағы кесілетін массив қабатының гетерогенді жыныстарының орналасу заңдылықтары және жыныстар үйіндісінің ішкі құрылымын айқындайтын басқа да геометриялық сипаттамалар белгіленді. Әр түрлі жару жағдайларында қирауында гетерогенді жыныстардың орналасуын автоматтандырылған болжауға арналған бағдарламалық модуль жасалды.

3. Әзірленген бағдарламалық модульдердің бірлестігімен БЖЖ параметрлерін, жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттерінің әртүрлі мәндері және ЖЗ физикалық-химиялық сипаттамалары, жыныстар массивіндегі зарядтардың орналасу параметрлері және жарылыс жұмыстарын жүргізу жағдайлары кезінде олардың нәтижелерін ыңғайлы және икемді есептеуге мүмкіндік беретін ақпараттық-эксперименттік платформа (АЭП) құрылды.

**Зерттеу немесе әзірлеу объектілері** – ұңғымалық зарядтармен карьерлердегі тау жыныстарының жарылғыш бұзылуы.

**Зерттеу нысан** карьерлердегі жарылған тау жыныстарының құрылымдық сипаттамалары болып табылады.

#### **Ғылыми зерттеулердің әдістемелік базасы**

Ғылыми зерттеулерді орындау кезінде ғылыми-техникалық ақпаратты талдау және жинақтауды, теориялық зерттеулерді, математикалық модельдеу әдістерін, эксперименттік деректерді өңдеу үшін математикалық статистика әдістерін және технологиялардың әртүрлі нұсқаларының техникалық-экономикалық негіздемесін, корреляциялық-регрессиялық талдауды, сондай-ақ бағдарламалық модульдерді жасау үшін эмпирикалық және объектіге-бағдарланған бағдарламалау әдістерін қамтитын кешенді зерттеу әдістері пайдаланылды.

**Тақырыптың жаңалығы** карьерлердегі жарылғыш заттың цилиндрлік зарядының жарылысымен тау жыныстарын ұсақтаудың белгіленген жаңа заңдылықтарын қолдана отырып, карьерлердегі БЖЖ нәтижелерін автоматтандырылған болжаудың инновациялық жүйесін жасау. Карьерлердегі жаппай жарылыстардың параметрлері мен нәтижелерін анықтаудың ұсынылған әдістерінің белгілі әдістерден түбегейлі айырмашылығы-тау-кен ғылымында алғаш рет қатты ортадағы жарылыс нәтижелерінің анықтаушы көрсеткіші ретінде жыныстағы жарылыс нәтижесінде пайда болған жарылыс қуысының шекті радиусы қабылданады. Ол жарылыстың соңғы нәтижесін тау жыныстарының физика-механикалық қасиеттерімен, қолданылатын ЖЗ физика-химиялық сипаттамасымен сәтті байланыстырады және карьерлердегі БЖЖ нәтижелерін автоматтандырылған болжау жүйесінің әртүрлі бағдарламалық модульдерін жасау үшін ғылыми негіз жасайды.

#### **Жұмыстың практикалық маңыздылығы**

Құрылған АЭП-ны пайдалана отырып, жарылған тау массасының технологиялық сипаттамалары, ЖЗ цилиндрлік зарядының жарылысы кезіндегі жарылыс қуысының дамуы, жарылыстың әртүрлі жағдайларындағы қарқынды ұсақтау аймақтары өлшемдерінің жағдайы, жарылған тау массасының құлау конфигурациясы, ұсақтау аймақтарын бөле отырып, оның ішкі құрылымы анықталады. АЭП көмегімен виртуалды эксперименттердің

шексіз санын шығаруға, БЖЖ түрлі технологияларын модельдеуге, олардың нәтижелерін визуализациялауға және болжауға болады. Тау жыныстарының массивтерін жару процесін сауатты басқара отырып, Карьерлердегі жарылған тау жыныстарының қажетті технологиялық параметрлеріне қол жеткізуге болады.

Бұл процедуралардың негізінде тау жыныстарының табиғи бөлшектерінің гранулометриялық құрамын (тау жыныстарының блокталуы), жарылғыш жүктеме жағдайындағы тау жыныстарының беріктік сипаттамаларын, жарылыс қуысының салыстырмалы шекті радиусын, ұсақ ұсақтау аймақтарының радиусын, БЖЖ ұтымды параметрлерін, жарылған тау жыныстарының гранулометриялық құрамын, әр түрлі өндіріс жағдайларында жарылған тау жыныстарының ішкі құрылымын орнатудың дәлелденген әдістері жатыр.

### **Жұмыстың ғылымды дамыту бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі**

Жұмыс BR05235618 "Қазақстан Республикасының тау-кен өндіру және тау-кен өңдеу салаларында технологиялар мен өндірістерді жаңғырту" мақсатты қаржыландыру бағдарламасы шеңберінде орындалды ("Бұрғылау-жару жұмыстарының ұтымды параметрлерін автоматтандырылған жобалау жүйесін құру және олардың Қазақстан карьерлерінде нәтижелерін болжау (АЖЖ БЖЖ)" жобасы) 2018-2020 жж., 2018-2019 жж. Соколов-Сарыбай кен орнындағы "ССКӨБ" АҚ карьерлерінде жаппай жарылыстардың параметрлері мен нәтижелерін автоматтандырылған жобалау негізінде бұрғылау-жару жұмыстарының инновациялық технологияларын енгізу" шаруашылық-шарттық тақырыбы.

### **Жұмыстың жариялануы және апробациясы.**

Диссертациялық жұмыстың негізгі ережелері "кенші апталығы-2019", "кенші апталығы-2020" XXVII-XXVIII халықаралық ғылыми симпозиумдарында (Мәскеу қ., 2019ж., 2020ж.), "Индустрия 4.0 жағдайында минералды және техногендік шикізатты ұтымды пайдалану" халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (Алматы қ., 2019ж.), "Сәтпаев оқулары-2020" ғылыми - практикалық конференция (Алматы қ., 2020ж.) баяндалды.

Құрылған аналитикалық әдістер мен бағдарламалық қамтамасыз етуді апробациялау Соколов-Сарыбай кен орнындағы "ССКӨБ" АҚ карьерлерінде жаппай жарылыстардың параметрлері мен нәтижелерін автоматтандырылған жобалау негізінде бұрғылау-жару жұмыстарының инновациялық технологияларын енгізу" шаруашылық-шарттық тақырыбы шеңберінде жүргізілді.

Диссертация тақырыбы бойынша 8 баспа жұмыстары жарияланды. Олардың бірі Scopus (Скопус) деректер базасы бойынша 2-квартильге кіретін журналда, 4 – Scopus (Скопус) деректер базасы бойынша 3-квартильге кіретін журналдарда, 1 – ҚР БҒМ БҒССҚК ұсынған журналда, оның 3-і конференция материалдарында. Әрбір жарияланған мақалаға докторант лайықты үлес қосты, онда қорғауға ұсынылған ережелер, жүргізілген зерттеулер барысында докторанттың алған нәтижелері көрсетілген.

Әзірленген бағдарламалық жасақтамаға 2 авторлық құқық алынды.

1 әдістемелік нұсқаулық шығарылды.

### **Жұмыстың көлемі мен құрылымы.**

Диссертация кіріспеден, үш бөлімнен, қорытындыдан, қолданылған әдебиеттер тізімі мен қосымшалардан тұрады. Диссертацияның көлемі-130 беттік баспа мәтіні, 17 кесте, 109 сурет, 94 атау қамтитын әдебиеттер тізімі мен 2 қосымша.

### **Қорытынды**

1. Кемердің жарылатын блогының бұзылуы кернеу толқындарының және шағылысқан толқындардың (жарылыстың I сатысы) әсерінен, детонация (жарылыстың ісіп кететін әсері) (жарылыстың II сатысы) өнімдерінің әсерінен және орын ауыстыру кезінде ірі кесектердің соғылуынан (жарылыстың III сатысы) жүзеге асырылатындығын ескере отырып. Жарылған тау жыныстарының гранулометриялық құрамын қалыптастыру заңдылықтары жыныстардың физика-механикалық қасиеттерінің әр түрлі үйлесуіне, массивтің блокталуына, қолданылатын ЖЗ-ның химиялық-физикалық сипаттамаларына, БЖЖ параметрлеріне байланысты анықталды. Олардың негізінде жарылған жыныстардың гранулометриялық құрамын анықтаудың теориялық әдісі жасалды. Әр түрлі жару жағдайларында жарылған жыныстардың гранулометриялық құрамын автоматты түрде анықтауға арналған бағдарламалық жасақтама жасалды. Бағдарламаны пайдалану мысалдары келтірілген. Тау жыныстарының гранулометриялық құрамының нақты деректерін дамыған компьютерлік бағдарлама бойынша табылған есептеулермен салыстыру олардың толық сәйкестігін растайды.

2. Жыныстар қирауының ішкі құрылымын анықтау мақсатында жарылатын және жарылған кемер блоктарының координаттық торлары туралы ұғым енгізілді. Оларды ортақ пайдалану қирауында бекітілген элементтердің орналасуын, оның конфигурациясын және басқа геометриялық сипаттамаларын орнатуға мүмкіндік береді. Тау сілемдерінің гранулометриялық құрамын анықтаудың аналитикалық әдісін және ұсақ, орта және ірі ұсақтау аймақтарын анықтаудың графо-аналитикалық әдісін бірлесіп қарау негізінде жарылған блоктың координаталық торының тораптық және ішкі нүктелерін, тау-кен қирауындағы жыныстарды ұсақтаудың әртүрлі аймақтарының өлшемдерін анықтаудың аналитикалық әдістері жасалды. Олар тау жыныстарының ішкі құрылымын анықтау үшін бағдарламалық өнімді құруға негіз болды. Бағдарламаны модельдік кемерлерді жару жағдайында пайдалану мысалдары қарастырылған.

3. "Жыныстар массивіндегі табиғи даралықтардың гранулометриялық құрамы", "жыныстарды қарқынды ұсақтау аймақтарының өлшемдері", "кемердегі зарядтардың орналасуының ұтымды параметрлері", "жарылған тау жыныстарының гранулометриялық құрамы", "әртүрлі жыныстарды қирауында орналастыру" бағдарламалық модульдерін кешенде бұзылу процесін басқарудың ақпараттық-эксперименттік платформасы (АЭП) ретінде қарастыруға болады жарылыс әсерінен тау жыныстары. Платформаны пайдалана отырып, жарылған тау-кен массасының технологиялық сипаттамаларын анықтау, ЖЗ цилиндрлік зарядының жарылысы кезінде жарылыс қуысының дамуын, жарылыстың әртүрлі жағдайларында қарқынды ұсақтау аймақтары мөлшерінің жағдайын, жарылған тау-кен массасының құлау конфигурациясын, ұсақтау аймақтарын бөле отырып, оның ішкі құрылымын көрсету орындалады. Осылайша, АЭП көмегімен виртуалды эксперименттердің шексіз санын шығаруға, БЖЖ әртүрлі технологияларын модельдеуге, олардың нәтижелерін визуализациялауға және болжауға болады. Тау жыныстарын жару процесін сауатты басқара отырып, карьерлердегі жарылған тау жыныстарының қажетті технологиялық параметрлеріне қол жеткізуге болады.