

УДК 622.24

На правах рукописи

ОРЫНБАЕВ БАУРЖАН АХМЕДИЕВИЧ

**Исследования по повышению эффективности отбойки с
предварительным разупрочнением массива
8D07203– Горная инженерия**

АННОТАЦИЯ

к диссертационной работе на соискание ученой степени
доктора философии (PhD)

Научные консультанты
Юсупов Х.А.

доктор технических наук,
профессор

Алиев С.Б.

доктор технических наук,
профессор

Республика Казахстан
Алматы, 2024

Оценка современного состояния решаемой научно-технической проблемы

Качество взрывных работ определяется равномерностью, а также степенью дробления горного массива, параметрами развала взорванной массы. Данные факторы влияют на производительность всех последующих технологических процессов горных работ. Использование новейшего оборудования для погрузки и транспортировки руды, мобильных установок для дробления и сортировки требуют жесткого контроля качества подготовки горной массы к взрыву, так как это непосредственно влияет на показатели производительности данного оборудования.

В настоящее время буровзрывным работам уделяется огромное внимание, однако до сих пор основной преградой к повышению показателей производительности труда, уменьшению себестоимости выемки и повышению объемов добываемой руды, является некачественное, неравномерное дробление, которому сопутствует повышенный выход крупных, некондиционных фракций полезного ископаемого и отклонение параметров уступа от проектных значений. Исходя из этого, управление качеством и характеристиками подготовки горной массы к взрывным работам на открытых горных работах является значительной практической задачей. В настоящее время, несмотря на большой объем исследований в данной области, вопрос влияния параметров буровзрывных работ на регулирование качеством дробления горной массы с помощью остается открытым.

Целью работы является исследование технологии предварительного разупрочнения массива для повышения эффективности отбойки руды.

Научная новизна диссертации заключается в:

- разработке технологии отбойки руды с предварительным разупрочнением массива, отличающуюся бурением дополнительного ряда скважин с учетом зон действия взрывной волны и взрыванием зарядов, мощностью не превышающей предел прочности разрушаемых горных пород;
- установлении зависимости удельного расхода взрывчатых веществ от сетки расположения скважин при отбойке руды с созданием предварительного разупрочненного состояния массива;
- установлении зависимости выхода негабаритных кусков от сетки расположения скважин при отбойке руды с созданием предварительного разупрочненного состояния массива.

Научные положения, выносимые на защиту:

- предварительное разупрочнение отбиваемого массива с бурением дополнительного ряда скважин с учетом зон действия взрывной волны и взрыванием зарядов, мощностью не превышающей предел прочности разрушаемых горных пород, позволяет повысить качество дробления руды и снизить себестоимость отбойки;
- оптимальные параметры сетки расположения скважин при отбойке с созданием предварительного разупрочнения массива позволяют снизить удельный расход взрывчатого вещества и выхода негабаритных кусков.

Актуальность исследования обусловлена тем, что качество дробления взорванной горной массы имеет ключевое значение для эффективности последующих этапов очистной выемки и переработки руды. Основные аспекты, которые подчеркивают важность дробления:

- снижение затрат на транспортировку и переработку. Мелкая фракция горной массы облегчает транспортировку руды к перерабатывающим предприятиям, что снижает расходы на топливо и обслуживание техники. Более однородные куски проще перемещать и загружать в дробильные установки.

- увеличение производительности оборудования. Качественно дробленная горная масса минимизирует нагрузки на дробилки и мельницы, увеличивая срок их службы и снижая частоту ремонта. Это позволяет избежать аварийных остановок и поддерживать высокую производительность оборудования.

- оптимизация дальнейшего обогащения руды. Чем равномернее и мельче фракция, тем эффективнее идет процесс извлечения полезных компонентов. Это особенно важно для руд с низким содержанием металлов, где необходимо извлечь максимальное количество сырья.

- уменьшение потерь и отходов. Хорошо дробленная руда снижает количество отходов на перерабатывающих фабриках. Мелкие частицы лучше поддаются обогащению и извлечению металлов, что снижает потери сырья.

Таким образом, правильная организация и контроль дробления взорванной горной массы позволяют существенно повысить экономическую эффективность всей производственной цепочки от выемки до переработки руды. Однако при решении задачи повышения качества отбойки руды не учитывается важность предварительного разупрочнения массива.

На данный момент расчет параметров массовых взрывов основывается на механизме разрушения ненагруженного массива с известными механическими свойствами и упругими константами, что не всегда соответствует реальным условиям, так как скорость нагружения влияет на прочностные, упругие и акустические свойства руд и пород.

Горный массив в карьере подвергается систематическим периодическим нагружениям до основного взрыва, что приводит к изменению его напряженно-деформированного состояния. Оперативные методы оценки этого состояния до сих пор не разработаны.

Исследования, направленные на изучение закономерностей распространения динамических волн напряжений при взрыве в условиях высокого горного давления, а также разработка методики расчета параметров буровзрывных работ, являются актуальными и представляют значительный научный и практический интерес.

Объект исследования: Участок месторождения Аяк-Коджан, расположенный в Экибастузском районе Павлодарской области, 135 км к северо-востоку от г. Темиртау и 85 км южнее железнодорожной станции Шидерты.

Предмет исследования: буровзрывные работы.

Задачи исследования:

- Анализ методов повышения качества дробления руды.
- Изучение способов создания предварительного разупрочненного состояния в массиве.
- Разработка технологии создания предварительного разупрочненного состояния.
- Проведение опытно-промышленных взрывных работ.
- Обработка данных опытно-промышленных взрывов и формулировка рекомендаций.

Практической базой диссертационной работы являются собранные в рамках научно-исследовательской работы материалы разведки, эксплуатации месторождения Аяк-Коджан, результаты опытно-промышленных испытаний, направленных на исследования по созданию предварительного напряженного состояния в массиве для повышения эффективности отбойки, анализ полученных результатов.

Публикации и апробация работы. По теме диссертации представлены и опубликованы следующие статьи:

1. «Повышение эффективности взрывной отбойки с предварительным разупрочнением массива», «Горный журнал», г.Москва, №12, 2022г.;
2. «Повышение эффективности отбойки с предварительным разупрочнением массива» / «Improving efficiency of rock breaking using the pre-weakening of rock mass», «EurasianMining» № 2, 2023г.;
3. «Сравнительный анализ методов оценки устойчивости откосов в изотропной среде» / «Comparative analysis of methods for assessing slope stability in an isotropic environment», «Горный журнал Казахстана», №11, 2024г.;
4. «Влияние точности замедлений электронных средств инициирования на качество буровзрывных работ» / «The effect of the accuracy of the deceleration of electronic means of initiation on the quality of drilling and blasting operations», «Горный журнал Казахстана», №11, 2024г.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка из 34 наименований и содержит 96 страниц машинописного текста, 37 рисунков, 10 формул, 14 таблиц и 20 приложений.

ӘОЖ 622.24

Қолжазба ретінде

ОРЫНБАЕВ БАУРЖАН АХМЕДИЯҰЛЫ

**Массивтын алдын-ала жұмсартумен жару тиімділігін арттыру
бойынша зерттеулер
8D07203 - Тау-кен инженериясы**

философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін
диссертациялық жұмысқа
АННОТАЦИЯ

Ғылыми кеңесшілері
Юсупов Х.А.

техника ғылымының докторы,
профессор
Алиев С.Б.

техника ғылымының докторы,
профессор

Шешілетін ғылыми-техникалық проблеманың қазіргі жай-күйін бағалау

Жарылыс жұмыстарының сапасы біркелкі, сондай-ақ тау жотасының ұсақталу дәрежесімен, жарылған массаның құлау параметрлерімен анықталады. Бұл факторлар тау-кен жұмыстарының барлық кейінгі технологиялық процестерінің өнімділігіне әсер етеді. Кенді тиеуге және тасымалдауға арналған ең жаңа жабдықты, ұсақтауға және сұрыптауға арналған жылжымалы қондырғыларды пайдалану тау массасын жарылысқа дайындау сапасын қатаң бақылауды талап етеді, өйткені бұл осы жабдықтың өнімділік көрсеткіштеріне тікелей әсер етеді.

Қазіргі уақытта бұрғылау-жару жұмыстарына үлкен көңіл бөлінеді, бірақ бүгінгі күнге дейін еңбек өнімділігінің көрсеткіштерін арттыруға, қазу құнын төмендетуге және өндірілетін кен көлемін арттыруға негізгі кедергі сапасыз, біркелкі емес ұсақтау болып табылады, ол пайдалы қазбалардың ірі, кондициялық емес фракцияларының өнімділігінің жоғарылауымен және жобалық мәндерден шегініс параметрлерінің ауытқуымен бірге жүреді. Осыған сүйене отырып, тау-кен массасын Ашық тау-кен жұмыстарында жарылыс жұмыстарына дайындаудың сапасы мен сипаттамаларын басқару маңызды практикалық міндет болып табылады. Қазіргі уақытта, осы саладағы зерттеулердің үлкен көлеміне қарамастан, бұрғылау-жару жұмыстарының параметрлерінің тау-кен массасын ұсақтау сапасын реттеуге әсері мәселесі ашық күйінде қалып отыр.

Жұмыстың мақсаты - кенді жоюдың тиімділігін арттыру үшін массивті алдын-ала босату технологиясын зерттеу.

Диссертацияның ғылыми жаңалығы:

- жарылыс толқынының әсер ету аймақтарын ескере отырып, ұңғымалардың қосымша қатарын бұрғылаумен және жойылатын тау жыныстарының беріктік шегінен аспайтын қуаты бар зарядтардың жарылуымен ерекшеленетін массивті алдын ала босата отырып, кенді бөгеу технологиясын әзірлеу;

- массивтің алдын-ала тазартылған күйін құра отырып, кенді сындыру кезінде жарылғыш заттардың үлестік шығынының ұңғымалардың орналасу торына тәуелділігін анықтау;

- массивтің алдын-ала тазартылған күйін құра отырып, кенді сындыру кезінде ұңғымалардың орналасу торына габаритті емес бөліктердің шығуына тәуелділікті белгілеу.

Қорғауға шығарылатын ғылыми ережелер:

- жарылыс толқынының әсер ету аймақтарын ескере отырып, ұңғымалардың қосымша қатарын бұрғылаумен және жойылатын тау жыныстарының беріктік шегінен аспайтын қуаты бар зарядтардың жарылуымен соғылатын массивті алдын ала босату кенді ұсақтау сапасын арттыруға және кесудің өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді;

- ұңғымалардың орналасу торының оңтайлы параметрлері массивтің алдын-ала босатылуын құра отырып, жарылғыш заттардың меншікті шығынын және үлкен бөліктердің шығуын азайтуға мүмкіндік береді.

Зерттеудің өзектілігі жарылған тау-кен массасының ұсақталу сапасы кенді тазарту мен өңдеудің кейінгі кезеңдерінің тиімділігі үшін маңызды болып табылатындығына байланысты. Ұсақтаудың маңыздылығын көрсететін негізгі аспектілер:

- тасымалдау және қайта өңдеу шығындарын азайту. Тау-кен массасының ұсақ фракциясы кенді қайта өңдеу зауыттарына тасымалдауды жеңілдетеді, бұл жанармай мен техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтады. Біртекті бөліктерді жылжыту және ұсақтау қондырғыларына жүктеу оңайырақ.

- жабдықтың өнімділігін арттыру. Сапалы ұсақталған тау массасы Ұнтақтағыштар мен диірмендерге жүктемені азайтады, олардың қызмет ету мерзімін ұзартады және жөндеу жиілігін төмендетеді. Бұл апаттық аялдамаларды болдырмайды және жабдықтың жоғары өнімділігін сақтайды.

- кенді одан әрі байытуды оңтайландыру. Фракция неғұрлым біркелкі және таяз болса, пайдалы компоненттерді алу процесі соғұрлым тиімді болады. Бұл әсіресе шикізаттың максималды мөлшерін алу қажет металдары аз кендер үшін өте маңызды.

- шығындар мен қалдықтарды азайту. Жақсы ұсақталған кен өңдеу зауыттарындағы қалдықтарды азайтады. Ұсақ бөлшектер металдарды байытуға және қалпына келтіруге жақсы жауап береді, бұл шикізаттың жоғалуын азайтады.

Осылайша, жарылған тау-кен массасының ұсақталуын дұрыс ұйымдастыру және бақылау қазбадан кен өңдеуге дейінгі бүкіл өндірістік тізбектің экономикалық тиімділігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Алайда, кенді жоюдың сапасын арттыру мәселесін шешу кезінде массивті алдын-ала босатудың маңыздылығы ескерілмейді.

Қазіргі уақытта жаппай жарылыстардың параметрлерін есептеу белгілі механикалық қасиеттері мен серпімді тұрақтылары бар жүктелмеген массивтің ыдырау механизміне негізделген, бұл әрқашан нақты жағдайларға сәйкес келмейді, өйткені жүктеме жылдамдығы кендер мен тау жыныстарының беріктік, Серпімділік және акустикалық қасиеттеріне әсер етеді.

Карьердегі тау жотасы негізгі жарылысқа дейін жүйелі мерзімді жүктемелерге ұшырайды, бұл оның кернеулі деформацияланған күйінің өзгеруіне әкеледі. Бұл жағдайды бағалаудың операциялық әдістері әлі әзірленбеген.

Жоғары тау қысымы жағдайында жарылыс кезінде кернеулердің динамикалық толқындарының таралу заңдылықтарын зерттеуге, сондай-ақ бұрғылау-жару жұмыстарының параметрлерін есептеу әдістемесін жасауға бағытталған зерттеулер өзекті болып табылады және айтарлықтай ғылыми және практикалық қызығушылық тудырады.

Зерттеу пәні: бұрғылау және жару жұмыстары.

Зерттеу міндеттері:

- Кенді ұсақтау сапасын арттыру әдістерін талдау.
- Массивте алдын-ала тазартылған күйді құру жолдарын зерттеу.
- Алдын ала тазартылған күйді құру технологиясын әзірлеу.
- Тәжірибелік-өнеркәсіптік жарылыс жұмыстарын жүргізу.
- Тәжірибелік-өнеркәсіптік жарылыстардың деректерін өңдеу және ұсыныстарды тұжырымдау.

Диссертациялық жұмыстың практикалық базасы ғылыми-зерттеу жұмысы шеңберінде жиналған барлау материалдары, Аяк-Қожан кен орнын пайдалану, алапта тиімділікті арттыру үшін алдын ала шиеленісті жағдай жасау жөніндегі зерттеулерге бағытталған тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтардың нәтижелері, алынған нәтижелерді талдау болып табылады.

Жұмысты жариялау және сынақтан өткізу. Диссертация тақырыбы бойынша келесі мақалалар ұсынылып, жарияланды:

1. «Құрумен үзіліс тиімділігін арттыру массивте алдын ала босату», «Горный журнал», г.Москва, №12, 2022г.;
2. "Массивті алдын ала нығайта отырып, соғу тиімділігін арттыру" / "тау жыныстарының массасын алдын ала әлсіретуді пайдалана отырып, тау жыныстарының сыну тиімділігін Арттыру", " EurasianMining " № 2, 2023ж.;
3. "Изотропты ортадағы еңістердің тұрақтылығын бағалау әдістерінің салыстырмалы талдауы" / "Изотропты ортадағы еңістердің тұрақтылығын бағалау әдістерінің Салыстырмалы талдауы", " Қазақстанның Тау-Кен журналы", №11, 2024 ж.;
4. "Электрондық іске қосу құралдарының баяулау дәлдігінің бұрғылау-жару жұмыстарының сапасына әсері" / "The effect of the accuracy of the deceleration of electronic means of initiation on the quality of drilling and blasting operations", " Қазақстанның Тау-Кен журналы", №11, 2024ж.

Жұмыс құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, 4 тараудан, қорытындыдан, 34 атаудан тұратын библиографиялық тізімнен тұрады және 96 бет терілген мәтіннен, 37 суреттен, 10 формуладан, 14 кестеден және 20 қосымшадан тұрады.

UDC 622.24

On the Manuscript Rights

ORYNBAYEV BAURZHAN

**Research for improvement of blasting efficiency with preliminary array softening
8D07203– Mining Engineering**

ANNOTATION

of the dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD)

Academic advisor

Yusupov H.A.

Doctor of Technical Sciences,
Professor

Aliyev S.B.

Doctor of Technical Sciences,
Professor

Republic of Kazakhstan
Almaty, 2023

Assessment of the current state of the solved scientific and technical problem

The quality of blasting is determined by the uniformity, as well as the degree of crushing of the rock mass, the parameters of the collapse of the exploded mass. These factors affect the productivity of all subsequent mining processes. The use of the latest equipment for loading and transporting ore, mobile crushing and sorting plants require strict quality control of the preparation of rock mass for explosion, as this directly affects the performance of this equipment.

Currently, great attention is paid to drilling and blasting, but so far the main obstacle to improving labor productivity, reducing the cost of excavation and increasing the volume of ore produced is poor-quality, uneven crushing, which is accompanied by an increased yield of large, substandard fractions of minerals and deviation of the ledge parameters from the design values. Based on this, the management of the quality and characteristics of the preparation of rock mass for blasting in open-pit mining is a significant practical task. Currently, despite the large amount of research in this field, the question of the influence of drilling and blasting parameters on the regulation of the quality of crushing rock mass with the help of remains open.

The purpose of the work is to study the technology of preliminary softening of the array to increase the efficiency of ore stripping.

The scientific novelty of the dissertation consists in:

- development of a technology for breaking ore with preliminary softening of the massif, characterized by drilling an additional number of wells taking into account the zones of action of the blast wave and exploding charges with a capacity not exceeding the tensile strength of the rocks being destroyed;
- establishing the dependence of the specific consumption of explosives on the grid of the location of wells during ore extraction with the creation of a preliminary softened state of the array;
- establishing the dependence of the output of oversized pieces on the grid of the location of wells during ore extraction with the creation of a preliminary softened state of the array.

Scientific statements submitted for protection:

- preliminary softening of the beaten massif with drilling of an additional number of wells, taking into account the zones of action of the blast wave and detonation of charges with a capacity not exceeding the tensile strength of the destroyed rocks, allows to improve the quality of ore crushing and reduce the cost of breaking;
- optimal parameters of the grid for the location of wells during drilling with the creation of preliminary softening of the array allow to reduce the specific consumption of explosives and the yield of oversized pieces.

The relevance of the study is due to the fact that the quality of crushing of the exploded rock mass is of key importance for the effectiveness of the subsequent stages of ore treatment and processing. The main aspects that emphasize the importance of crushing:

- reduction of transportation and processing costs. The fine fraction of the rock mass facilitates the transportation of ore to processing plants, which reduces fuel costs and maintenance of equipment. More homogeneous pieces are easier to move and load into crushing plants.

- increase the productivity of the equipment. Qualitatively crushed rock mass minimizes the loads on crushers and mills, increasing their service life and reducing the frequency of repairs. This allows you to avoid emergency stops and maintain high equipment performance.

- optimization of further ore enrichment. The more uniform and smaller the fraction, the more efficient the extraction of useful components is. This is especially important for ores with a low metal content, where it is necessary to extract the maximum amount of raw materials.

- reduction of losses and waste. Well-crushed ore reduces the amount of waste in processing plants. Fine particles are better amenable to enrichment and extraction of metals, which reduces the loss of raw materials.

Thus, proper organization and control of crushing of the exploded rock mass can significantly increase the economic efficiency of the entire production chain from excavation to ore processing. However, when solving the problem of improving the quality of ore stripping, the importance of preliminary softening of the array is not taken into account.

At the moment, the calculation of the parameters of mass explosions is based on the mechanism of destruction of an unloaded array with known mechanical properties and elastic constants, which does not always correspond to real conditions, since the loading rate affects the strength, elastic and acoustic properties of ores and rocks.

The mountain range in the quarry is subjected to systematic periodic loads before the main explosion, which leads to a change in its stress-strain state. Operational methods for assessing this condition have not yet been developed.

Research aimed at studying the patterns of propagation of dynamic stress waves during an explosion in conditions of high rock pressure, as well as the development of a methodology for calculating the parameters of drilling and blasting operations, are relevant and of considerable scientific and practical interest.

The object of research: The site of the Ayak-Kojan deposit, located in the Ekibastuz district of Pavlodar region, 135 km northeast of Temirtau and 85 km south of the Shiderty railway station.

Subject of research: drilling and blasting operations.

Research objectives:

- Analysis of methods for improving the quality of ore crushing.
- Study of ways to create a pre-softened state in an array.
- Development of technology for creating a pre-softened state.
- Conducting pilot industrial blasting operations.
- Data processing of pilot explosions and formulation of recommendations.

The practical basis of the dissertation work is the materials of exploration and exploitation of the Ayak-Kojan deposit collected as part of the research work,

the results of pilot tests aimed at research on the creation of a prestressed state in the array to increase the efficiency of stripping, and the analysis of the results obtained.

Publications and approbation of the work. The following articles are presented and published on the topic of the dissertation:

1. "Improving the efficiency of explosive stripping with preliminary softening of the array" in the Mining Journal, Moscow, №12, 2022;

2. "Improving the efficiency of rebounding with preliminary softening of the array" / "Improving efficiency of rock breaking using the pre-weakening of rock mass", "EurasianMining", №2-2023;

3. "Comparative analysis of methods for assessing slope stability in an isotropic environment" / "Comparative analysis of methods for assessing slope stability in an isotropic environment", "Mining Journal of Kazakhstan", №11, 2024;

4. "The effect of the accuracy of deceleration of electronic means of initiation on the quality of drilling and blasting operations" / "The effect of the accuracy of the deceleration of electronic means of initiation on the quality of drilling and blasting operations", Mining Journal of Kazakhstan, №11, 2024.

The structure and scope of the work. The dissertation consists of an introduction, 4 chapters, a conclusion, a bibliographic list of 34 titles and contains 96 pages of typewritten text, 37 figures, 10 formulas, 14 tables and 20 appendices.