

Код МРНТИ 52.13.21

В.А. Колосов¹, В.Г. Долгушев², А.И. Илларионов¹, *М.А. Райымкулов³¹Акционерное общество «Полиметалл Управляющая компания» (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация),²Общество с ограниченной ответственностью «Blast Maker» (г. Бишкек, Кыргызская Республика),³Институт коммуникаций и информационных технологий Кыргызско-Российского Славянского Университета (г. Бишкек, Кыргызская Республика)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ «BLASTMAKER» НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «ПОЛИМЕТАЛЛ УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ»

Аннотация. В связи с горно-технологическими особенностями, экономическими и техническими требованиями к добыче минеральных ресурсов, у предприятий АО «Полиметалл УК» возникает необходимость в применении особо точных инструментов для проектирования и планирования буровзрывных работ. Одним из таких инструментов является система автоматизированного проектирования буровзрывных работ «BlastMaker». В статье обзорно рассматриваются адаптированные инструменты системы для условий открытых и подземных горных работ на предприятиях АО «Полиметалл УК».

Ключевые слова: горно-геологические информационные системы, сортовое планирование, буровзрывные работы, зоны дробления, цифровизация взрывных работ.

«Полиметалл Басқарушы компаниясы» Акционерлік қоғамының кәсіпорындарында «BlastMaker» бұрғылау-жару жұмыстарын автоматтандырылған жобалау жүйесін пайдалану

Андатпа. Тау-кен-технологиялық ерекшеліктеріне, минералды ресурстарды өндіруге қойылатын экономикалық және техникалық талаптарға байланысты «Полиметалл БК» АҚ кәсіпорындарында бұрғылау-жару жұмыстарын жобалау және жоспарлау үшін аса дәл құралдарды қолдану қажеттілігі туындайды. «BlastMaker» бұрғылау-жару жұмыстарын автоматтандырылған жобалау жүйесі осындай құралдардың бірі болып табылады. Мақалада «Полиметалл БК» АҚ кәсіпорындарында ашық және жерасты тау-кен жұмыстарының жағдайларына арналған бейімделген жүйе құралдары қарастырылады.

Түйінді сөздер: тау-кен-геологиялық ақпараттық жүйелер, сұрыптық жоспарлау, бұрғылау-жару жұмыстары, ұсақтау аймақтары, жару жұмыстарын цифрландыру.

Using BlastMaker automated drilling and blasting design system at the enterprises of Polymetal Managing company joint stock company

Abstract. In view of the mining and technological specifics, economic and technical requirements for the extraction of mineral resources, the enterprises of Polymetal MC JSC have the need to use highly accurate tools for the design and planning of drilling and blasting operations. BlastMaker, an automated drilling and blasting design system, is one such tool. The article reviews the adapted tools of the system for the conditions of open-pit and underground mining works at the enterprises of JSC Polymetal MC.

Key words: mining and geological information systems, grade planning, drilling and blasting, crushing zones, digitalization of blasting.

Введение

Минеральные ресурсы, представленные на предприятиях Полиметалла, характеризуются тонкими рудными телами, богатыми по содержанию золота и серебра. Объем горной массы, взрываваемой на одном блоке, составляет от 2 до 15 тыс. куб. м., что обусловлено малыми размерами рудных тел. В связи с этим на предприятиях требуется подготовить большое количество проектов за короткий срок. Ранее проекты готовились в полуручном режиме с применением системы AutoCAD. Скудность возможностей не позволяла прорабатывать различные параметры буровзрывных работ (БВР), в результате проектирование велось преимущественно по заданным параметрам, например, по фиксированной сетке скважин. Такой процесс проектирования достаточно трудоемкий и не позволяет достичь необходимого эффекта минимизации разубоживания и потерь.

В связи с этим возникает необходимость в цифровой системе, обеспечивающей высокую точность и оперативность проектирования БВР, позволяющей производить имитацию результатов взрывных работ, оценку потерь и разубоживания и при необходимости производить редактирование проекта. Система автоматизированного проектирования БВР (САПР БВР) «BlastMaker» больше всего отвечает на данные запросы [1]. Этап адаптации програм-

мы под конкретные горно-технологические особенности месторождений позволяет включать новые функции и возможности в САПР БВР и, тем самым, в полном объеме удовлетворить запросы предприятий.

Методика

В процессе адаптации функционала САПР БВР «BlastMaker» разработчиками программного обеспечения и специалистами предприятия проводится совместный анализ горно-технологических особенностей месторождения. По результатам анализа разрабатываются методики расчетов, которые включаются в программный пакет. Для обеспечения оперативности проектирования БВР и планирования горных работ возникает необходимость в разработке дополнительных функций и инструментов программы. Настройки расчетных моделей и инструментов производятся по результатам опытно-промышленных испытаний в условиях месторождения.

Результаты

Совместная работа АО «Полиметалл УК» с САПР БВР «BlastMaker» началась с 2012 года на предприятии «Ресурсы Албазино» (Харабароский край, Российская Федерация). В последующем адаптация была произведена на

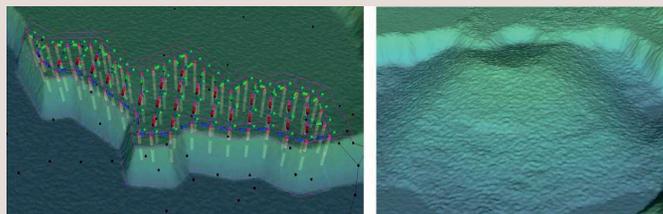


Рис. 1. Задание схемы коммутации и результаты моделирования развала горной массы в среде САПР БВР «BlastMaker».

Сурет 1. «BlastMaker» БЖЖ АЖЖ ортасында тау массасының құлауын модельдеу нәтижелері мен коммутация схемасының тапсырмасы.

Figure 1. The switching scheme task and the results of rock mass breakdown in BlastMaker DBO ADS modeling environment.

таких месторождениях, как Варваринское, Омолонская ЗРК, Комаровское, Бакырчикское и т.д.

В результате адаптации на предприятиях Полиметалла в программу было внесено более 50 различных функций и инструментов для проектирования открытых горных работ. В том числе, расширены и добавлены функции для разделения карьера по зонам с различными типами пород и различными физико-механическими свойствами для более точного прогнозирования линии отрыва горного массива. Добавлен ряд функций для оперативного задания параметров взрывных работ. Настроен экспорт данных вертикальных сечений проекта из САПР БВР «BlastMaker» в систему AutoCAD. Разработан инструмент подсчета показателей потерь и разубоживания с учетом определенных граничных содержаний для нескольких сортов руды, расширены функции работы с триангуляционными поверхностями и каркасами, блочными геомеханическими и рудопородными моделями и т.д.

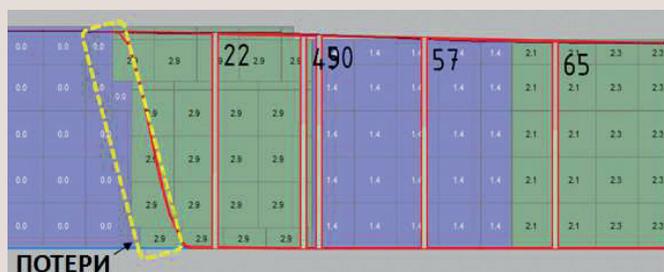
Из-за отсутствия удовлетворительной системы проектирования БВР для подземных горных выработок (ПГР) в условиях предприятий АО «Полиметалл УК», возникла необходимость в разработки специального программного

обеспечения «BlastMaker Underground». В течение года с июня 2017 по июнь 2018 со стороны предприятий проводились консультации с разработчиками программы, обсуждения способов реализации функционалов проектирования, тесты промежуточных версий, устранялись ошибки и уточнялись детали. В результате получена окончательная базовая версия программного обеспечения и пошаговая инструкция по использованию ПО. Первая адаптация САПР БВР для ПГР проведена под условия месторождений Арылах и Дукаат «Серебра Магадана» [2].

Сортовое планирование в САПР БВР «BlastMaker»

Объединив усилия разработчиков программы и специалистов АО «Полиметалл УК», была проведена работа по реализации подготовки всех этапов сортового планирования в САПР БВР «BlastMaker» с целью оптимизации работы целевых специалистов и повышения качества планирования. В ходе усовершенствования программы, удалось многократно расширить ее функционал. Реализованы возможности и преимущества для перехода из сторонней программы Datamine в САПР БВР «BlastMaker» в рамках сортового планирования. Вся работа настроена в одном ПО от построения поверхности рельефа до расчета товарной руды. Настроена возможность использования максимально приближенных контуров товарной руды к реальной отработке блока при добычных работах для исключения нагрузки на технику в участках, где массив недостаточно разрушен. При этом контур товарной руды строится на основе границ имитации взрывных работ, за счет чего при подготовке сортового плана одновременно подготавливается проект на бурение и взрыв. Усовершенствованы инструменты при работе с каркасами для построения зоны погашения.

Реализована возможность оперативного расчета товарной руды, потерей и разубоживания. Функционал САПР БВР «BlastMaker» позволяет произвести расчет товарной руды как исключительно в контуре товарной руды, так и в контуре каркаса лимита, в котором учитываются объемы товарной руды и потери, оставленные в массиве при плани-



а)



б)

Рис. 2. Корректировка сортового плана в среде САПР БВР «BlastMaker» по результатам моделирования каркаса взрыва (вертикальное сечение). В первом случае наблюдаются потери (а), которые исключаются добавлением дополнительного ряда скважин (б).

Сурет 2. Жарылыс қаңқасын (тік қима) модельдеу нәтижелері бойынша «BlastMaker» БЖЖ АЖЖ ортасында сұрыптық жоспарды түзету. Бірінші жағдайда шығындар (а) байқалады, олар ұңғымалардың қосымша қатарын қоса отырып алынып тасталады (б).

Figure 2. Adjustment of the grade plan in the BlastMaker DBO ADS environment based on the results of blast frame modeling (vertical section). In the first case, there are losses (a), which are eliminated by adding an additional row of wells (b).

ровании. После полного расчета товарной руды и получения показателей потерей и разубоживания в рамках планируемой отработки рудных секторов производится оценка контуров товарной руды с целью повышения качества добываемой руды и снижения плановых потерь. По результатам оценки производится редактирование параметров БВР так, чтобы максимально снизить количество потерь и разубоживания. Результаты могут быть экспортированы как в форматы программы Datamine, так и в табличные форматы Excel.

Для проверки расчета товарной руды в САПР БВР «BlastMaker» были произведены дополнительные проверочные расчеты в Datamine. Разница отклонений по качественным и количественным показателям составила 0,3-1,0 %.

Система проектирования БВР для подземных горных выработок

Для полноценного проектирования БВР в условиях подземных горных выработок предприятий АО «Полиметалл УК» в программу «BlastMaker Underground» включены функции и инструменты для создания нового проекта, импорта триангуляционных поверхностей горных выработок (актуальных и планируемых), блочных рудопородных и геомеханических моделей, построения и редактирования сечений, задания скважин, моделирования взрыва, расчета товарной руды и оформления проектной документации. Предполагается, что все исходные данные для проектирования (камеры, штреки и блочные модели) поставляются из программы Datamine. Но это вовсе не исключает использование других систем горно-геологического моделирования как источника исходных данных для программы «BlastMaker Underground».

Геологическая служба предприятия занимается созданием и непрерывным пополнением модели минерализации и модели контроля содержаний, что обеспечивает

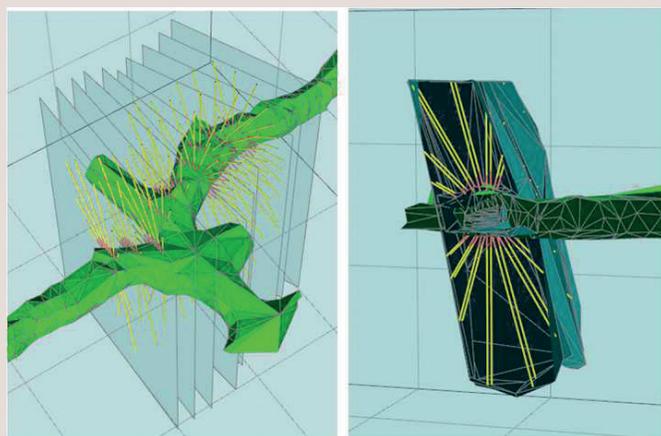


Рис. 3. Проектирование БВР: расстановка веерных скважин с привязкой к планируемому контуру отбойки в среде «BlastMaker Underground».

Сурет 3. БЖЖ жобалау: «BlastMaker Underground» ортасында жоспарланған қопару контурына байланған тарамды ұңғымаларды орналастыру.
Figure 3. DBO design: fan placement with reference to the planned drilling contour in the BlastMaker Underground environment.

актуальность поставляемых данных в программу. Для удобства проектирования модель можно расцветить в различном виде.

В программе учитываются габариты буровой техники. Под каждый вид техники можно ввести габаритные параметры техники и проверить возможность размещения техники для выполнения проекта БВР. В процессе проектирования скважин производится автоматическая проверка возможности размещения бурового оборудования в выработке в заданном положении не только в плоскости сечения, но и по всем габаритам установки. Это позволяет проектировщику БВР более детально проработать план бурения.

Включены инструменты автоматической расстановки параллельных и веерных скважин в привязке к загруженным каркасам, а также к контурам на плоскостях сечений, построенным вручную по разрезу блочной модели (для сортового планирования). Помимо автоматической расстановки, присутствуют инструменты ручного построения и редактирования спроектированных скважин. Разработаны инструменты для совмещения в одном сечении веерных и параллельных скважин, задания величины недобура и перебура, положения податчика и точки забуривания по-сегментно для различных участков веера.

Информация о физико-механических свойствах массива позволяет произвести расчет распространения энергии взрыва с учетом бризантно-фугасных свойств взрывчатого вещества и давления пороховых газов в скважине. Данная математическая модель и параметры настраивается для каждого месторождения в рамках адаптации совместно со специалистами предприятий по результатам опытно-промышленных испытаний.

Оперативный расчет контура отрыва, его изменений в случае корректировки положения и заряда скважин, оперативный расчет показателей товарной руды в границах контура

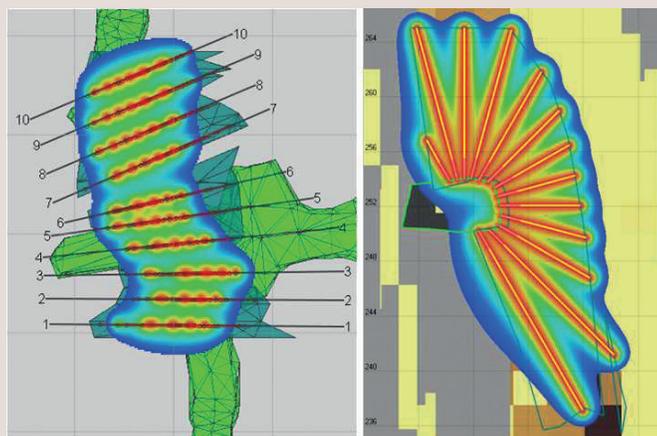


Рис. 4. Моделирование взрыва и анализ распределения энергии по объему и в сечении в среде «BlastMaker Underground».

Сурет 4. Жарылысты модельдеу және «BlastMaker Underground» ортасында көлем мен қима бойынша энергияның таралуын талдау.
Figure 4. Blast simulation and analysis of energy distribution by volume and cross section in the BlastMaker Underground environment.

отрыва, а также расчет потерей и разубоживания позволяет проектировщику добиться оптимального варианта сортового плана. По результатам анализа отработки опытно-промышленных испытаний фактическая средневзвешенная выемочная мощность превысила плановую на 0,1-0,5 м.

Закключение

Таким образом, совместный анализ горно-технологических особенностей месторождения разработчиками программного обеспечения и специалистами предприятия позволил произвести полномасштабную адаптацию САПР БВР «BlastMaker» для условий предприятий АО «Полиме-

талл УК». По результатам анализа разработаны методики расчетов, которые включены в программный пакет.

В ходе совместных работ удалось многократно расширить функционал программы, обеспечив всю работу в одной программной среде от задания поверхности до расчета товарной руды, потерей и разубоживания. Настройка расчетных моделей позволила добиться сходимости моделируемых каркасов взрыва к реальной отработке блока, что привело к снижению нагрузки на технику, в участках, где массив недостаточно разрушен, и возможности оперативного редактирования проекта для обеспечения минимума потерей и разубоживания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгушев В.Г. Система автоматизированного проектирования буровзрывных работ на карьерах «BlastMaker» // Горный журнал Казахстана. – 2013. – №11. – С. 28-32 (на русском языке)
2. Манаков А.А., Парамонов Г.П. Использование программного обеспечения для анализа показателей потерь и разубоживания в условиях рудника «Дукат» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – №56. – С. 333-341 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Долгушев В.Г. «BlastMaker» кеніштерінде бұрғылау-жару жұмыстарын автоматтандырылған жобалау жүйесі // Қазақстанның тау-кен журналы. – 2013. – №11. – Б. 28-32 (орыс тілінде)
2. Манаков А.А., Парамонов Г.П. «Дукат» кенішіндегі шығындар мен құнарсыздандыру көрсеткіштерін талдау үшін бағдарламалық қамтылымды пайдалану // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені (ғылыми-техникалық журнал). – 2019. – №56. – Б. 333-341 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Dolgushev V.G. The BlastMaker system of automated drilling and blasting design in open pits // Mining Journal of Kazakhstan. – 2013. – No.11. – P. 28-32 (in Russian)
2. Manakov A.A., Paramonov G.P. Using software for analysis of loss and dilution indicators in the conditions of the Dukat mine // Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). – 2019. – No.56. – P. 333-341 (in Russian)

Сведения об авторах:

Колосов В.А., заместитель директора Производственной дирекции Акционерного общества «Полиметалл Управляющая компания» (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация), Kolosov@polymetal.ru; <https://orcid.org/0009-0006-7264-670X>

Долгушев В.Г., начальник управления «Система автоматизированного проектирования буровзрывных работ «BlastMaker» Общества с ограниченной ответственностью «Blast Maker» (г. Бишкек, Кыргызская Республика), dolgushevvg@blastmaker.kg; <https://orcid.org/0009-0000-1563-2295>

Илларионов А.И., ведущий специалист по открытым горным работам Технического управления Производственной дирекции Акционерного общества «Полиметалл Управляющая компания» (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация), IllarionovAI@polymetal.ru; <https://orcid.org/0009-0004-2760-5170>

Райымкулов М.А., старший научный сотрудник Института коммуникаций и информационных технологий Кыргызско-Российского Славянского Университета (г. Бишкек, Кыргызская Республика), raiymkulovma@blastmaker.kg; <https://orcid.org/0009-0002-4831-1038>

Авторлар туралы мәліметтер:

Колосов В.А., «Полиметалл басқарушы компаниясы» акционерлік қоғамының Өндірістік дирекциясы директорының орынбасары (Санкт-Петербург қ., Ресей Федерациясы)

Долгушев В.Г., «Blast Maker» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің «BlastMaker» бұрғылау-жару жұмыстарын автоматтандырылған жобалау жүйесі басқармасының бастығы Бішкек қ., Қырғыз Республикасы)

Илларионов А.И., «Полиметалл басқарушы компаниясы» акционерлік қоғамының Өндірістік дирекциясы техникалық басқармасының Ашық тау-кен жұмыстары жөніндегі жетекші маманы (Санкт-Петербург қ., Ресей Федерациясы)

Райымкулов М.А., Қырғыз-Ресей Славян университетінің коммуникациялар және ақпараттық технологиялар институтының аға ғылыми қызметкері (Бішкек қ., Қырғыз Республикасы)

Information about the authors:

Kolosov V.A., Deputy Director of Production Directorate, Polymetal Management Company Joint Stock Company (St. Petersburg, Russian Federation)

Dolgushev V.G., Head of BlastMaker Automated Blasting Design System, BlastMaker Limited Liability Company (Bishkek, Kyrgyz Republic)

Illarionov A.I., Leading Specialist for Open Pit Mining Works, Technical Administration of Production Directorate of Polymetal Management Company (Saint-Petersburg, Russian Federation)

Raimkulov M.A., Senior Research Fellow, Institute of Communications and Information Technologies, Kyrgyz-Russian Slavic University (Bishkek, Kyrgyz Republic)