

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА НА КАРЬЕРАХ

**В.А. Коваленко** – канд. техн. наук

Предложен метод и средства автоматизированной подготовки буровзрывных работ на карьерах, описаны устройство для получения информации о массиве горных пород в процессе бурения взрывных скважин и алгоритмы проектирования массовых взрывов. Созданы программы для обработки информации и графического отображения рекомендаций по оптимизации параметров буровзрывных работ и других процессов на карьерах.

*Ключевые слова:* карьеры; буровзрывные работы; автоматизированная подготовка производства.

По данным ООН с 2009 по 2050 г. население Земли возрастет с 6,8 до 9 млрд. человек. Из прогнозов промышленного развития мира следует, что к названному времени достигнутые сегодня объемы добычи минерального сырья также будут увеличены в 1,4–1,5 раза.

Путь экстенсивного развития горных предприятий малоперспективен из-за неизбежного расширения действующих и строительства новых заводов-изготовителей горнотранспортного оборудования и огромных капиталовложений, необходимых на поддержание и развитие достигнутых уровня и показателей горного производства. Таким образом, *возникает объективная необходимость увеличить темпы, объемы и улучшить технико-экономические и экологические показатели горного производства с наименьшими затратами времени, средств и труда.*

Исходя из тенденций развития постиндустриального мира, можно утверждать, что *одни из наиболее перспективных методов решения проблемы – интенсивный путь развития на основе глобальной компьютеризации основных процессов производства на карьерах. Наибольший эффект могут дать автоматизированная подготовка буровзрывных работ (БВР) на карьере, управляемое разрушение массива горных пород для достижения максимального качества взрывов при минимальных затратах и наибольшей производительности погрузочных и транспортных средств в забоях, включая оценку изменений устойчивости уступов и бортов карьеров в результате массовых взрывов. Такой подход к достижению цели включает адаптивное управление указанными процессами.*

Известно, что существующие модели управления разрушением скальных пород массовыми взрывами, разработкой забоев и доставкой горной массы рассматривают эти процессы как

разрозненные объекты информационных технологий. Независимость в управлении процессами может привести, например, к удовлетворительному дроблению горных пород взрывами, но к аварийному разрушению части борта карьера в результате многократных сейсмических воздействий массовых взрывов. Следовательно, необходимо в комплексе с БВР создать систему моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород и непрерывного мониторинга смещения уступов и отвалов.

Особое значение в практике открытой разработки месторождений приобретает оптимизация объема взрывааемых блоков, качества дробления пород и связанные с ними производительность экскаваторов и транспорта, что прямым образом определяет производительность труда и затраты на разработку месторождений. Все это требует нового подхода к оперативной подготовке производства, проектированию и управлению основными технологическими процессами. Единственным способом резко ускорить проектирование горных работ на карьерах, а также обеспечить высокое качество и значительное улучшение технико-экономических показателей является автоматизация подготовки производства (АПП) на основе полной компьютеризации.

Известно, что разрушение крепких горных пород взрывом останется на ближайшие годы основным способом подготовки забоев к разработке. Проектирование БВР – трудоемкий процесс, требующий оперативности, высокой точности в расчетах и подготовке необходимой документации. Неоднородность прочности горных пород – главный фактор, осложняющий проектирование взрывных работ и достижение равномерного дробления горной массы. Геологическая разведка месторождений не может дать достаточно полной информации о массиве

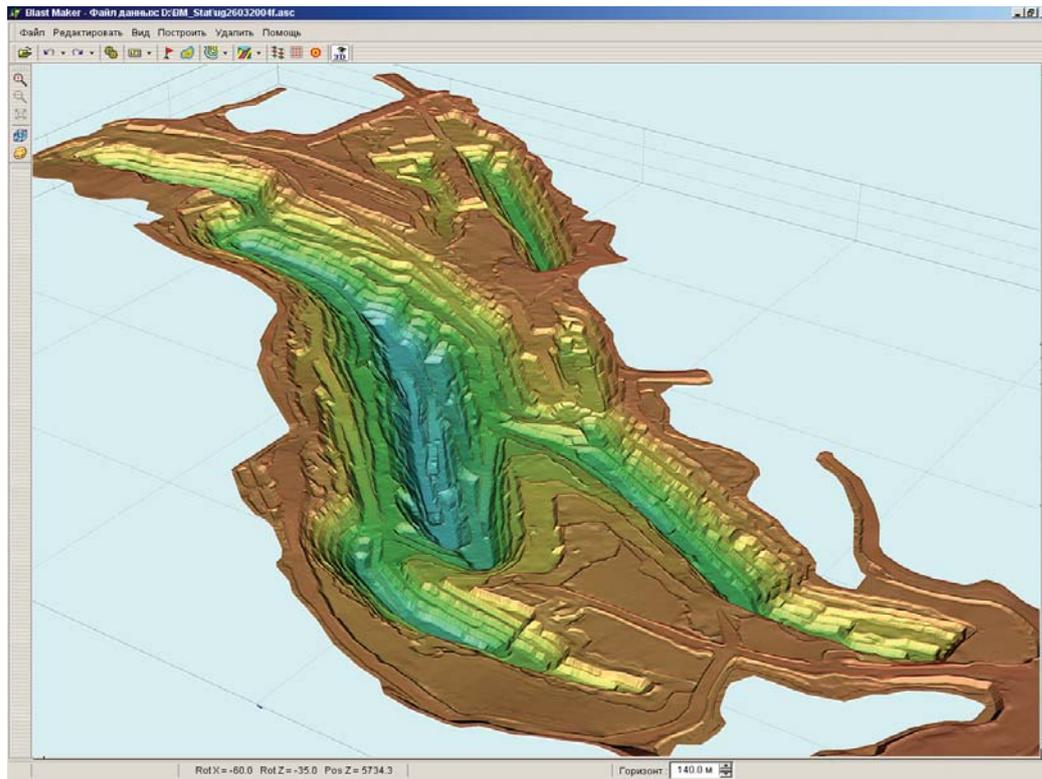


Рис. 1. Трехмерное изображение поверхности карьера.

пород, так как шаг сетки разведочных скважин слишком велик. Поэтому в отсутствии реальных данных о районировании карьерного поля проектировщики при отбойке сложно структурных массивов завышают расход бурения и взрывчатых веществ (ВВ) в среднем на 20–25%.

Один из существенных способов получения необходимых сведений о свойствах массива горных пород – использование информации, полученной в процессе проходки взрывных скважин буровыми станками. Такой подход предпочтителен, так как не нарушает принятых на карьерах способов и средств подготовки БВР и не требует дополнительных затрат на проведение геофизических работ для детализации свойств пород взрываемого блока.

Первые положительные решения по созданию Системы автоматизированного проектирования БВР на карьерах – САПР БВР – были получены во Фрунзенском политехническом институте в 80-х годах прошлого века на кафедре АСУ и ВТ и в Отраслевой научно-исследовательской лаборатории Союзгосхимпрома СССР. Опытная проверка результатов исследований и разрабо-

ток по проектированию массовых взрывов проводилась в НПО “Апатит”, ПО “Кара-Тай”, р/у “Жанатас”.

Эти идеи и решения получили дальнейшее развитие в проектах Международного Научно-технического центра (МНТЦ) #KR-067, #KR-566, #CI-011, выполненных в Кыргызско-Российском Славянском университете (КРСУ), а также в Евразийском патенте<sup>1</sup>. Положительные результаты аналитических и экспериментальных исследований и разработок позволили подготовить рекомендации для внедрения в производство программно-технического комплекса для автоматизированной подготовки буровзрывных работ на карьере и провести коммерциализацию основных результатов на нескольких действующих предприятиях – АО “Костанайские минералы”, ОАО “Карельский окатыш”, кыргызско-канадское предприятие Kumtor Operating Company и др.

<sup>1</sup> Патент Евразийского Патентного Ведомства № 010244 от 19.07.2006 на “Способ производства буровзрывных работ на карьере”.

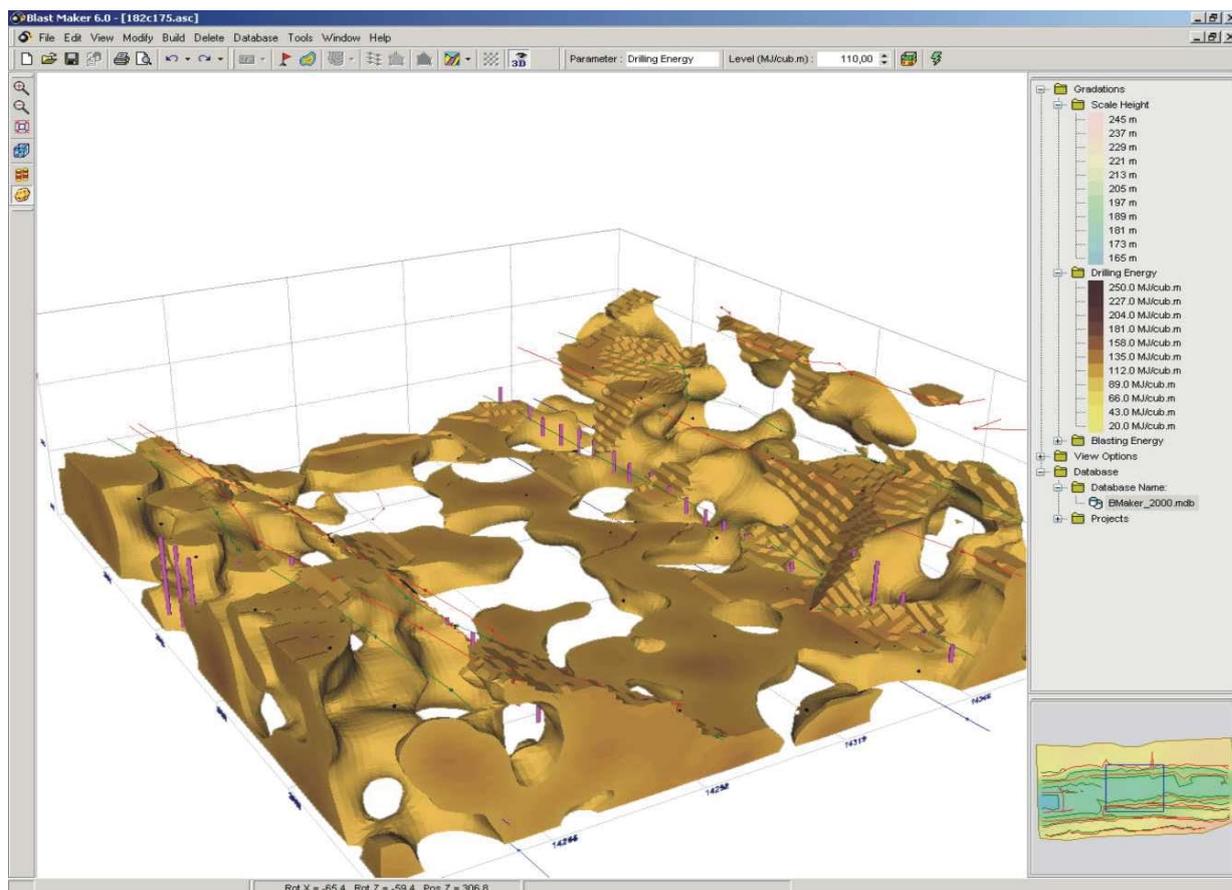


Рис. 2. Трехмерное изображение рудной залежи в массиве горных пород по данным, полученным в процессе бурения взрывных скважин.

Для карьеров в скальных породах с традиционными способами и средствами буровзрывных работ предлагается разработанный в КPCY программно-технический комплекс (ПТК) “Blast Maker”.

ПТК “Blast Maker” – практическая реализация одного из элементов АПП на карьерах, выполнена с применением передовых технологий в микропроцессорной технике и программировании. В основу программного модуля заложены сложные физико-математические модели. Вместе с тем, программная оболочка комплекса адаптирована к среде Windows и имеет дружелюбный, интуитивно понятный интерфейс.

Информационную основу системы “Blast Maker” составляет цифровая модель месторождения. В отличие от существующих аналогов, предлагаемая модель представляет собой динамическую базу данных, например, физико-

механических свойств массива пород, которая постоянно пополняется сведениями от бурового станка в процессе бурения взрывных скважин. Трехмерное изображение поверхности карьера показано на рис. 1.

К достоинствам модели относятся также программно заложенные алгоритмы интер- и экстраполяции, позволяющие автоматически прогнозировать параметры пограничных элементов цифровой модели. Непрерывное обновление информации состояния массива пород способствует повышению достоверности цифровой модели. Цифровая модель отражает также основные технологические и физико-механические свойства массива горных пород, в том числе форму и содержание компонентов залежей полезных ископаемых, что позволяет более качественно проектировать буровзрывные работы и технологические процессы разработки месторождения.

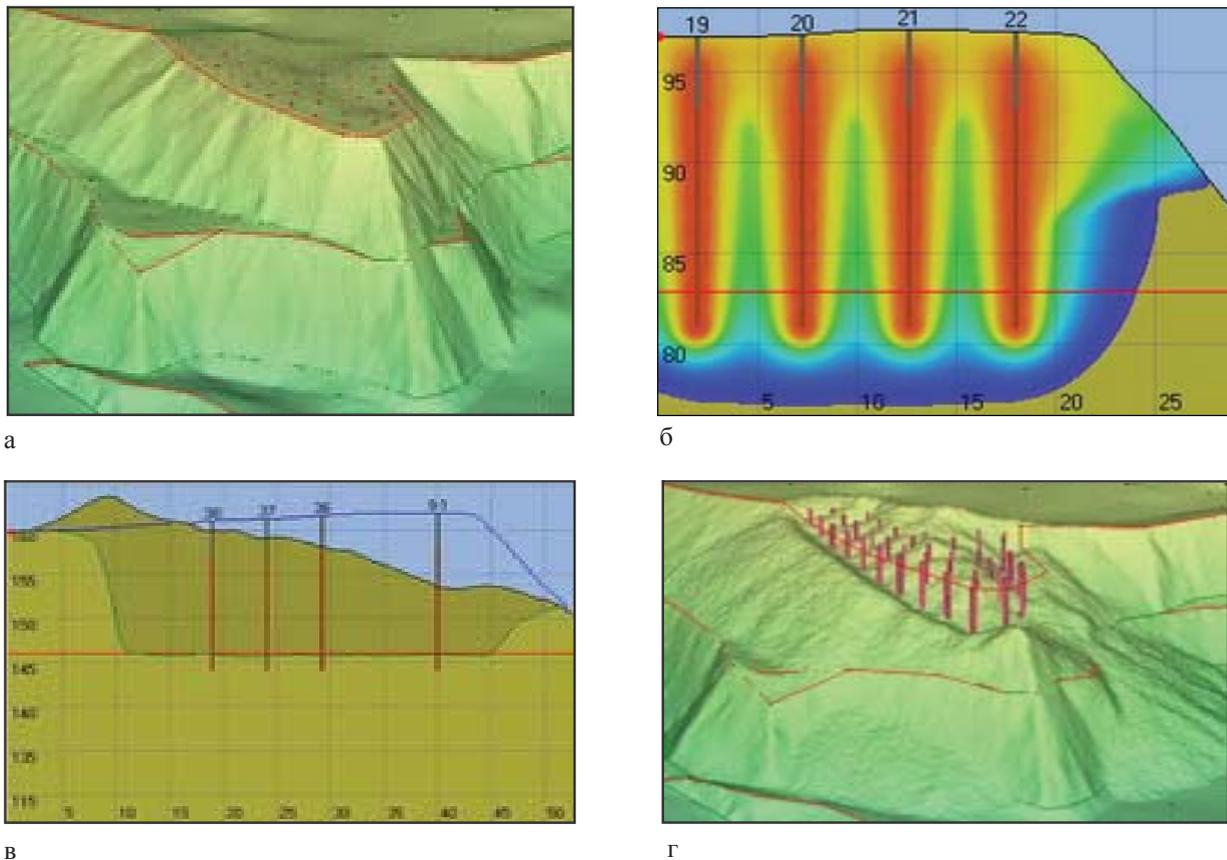


Рис. 3. Этапы подготовки и результаты взрыва скважинных зарядов на блоке горных пород:  
 а – взрываемый блок пород в исходном состоянии; б – расчетная схема к определению энергии дробления пород взрывом; в – профили сечений взорванного блока пород;  
 г – блок пород после взрыва.

Примером сложного физико-математического моделирования служит прогноз возможных параметров развалов взорванной породы, размеры которых необходимо учитывать для нормальной эксплуатации горнотранспортного оборудования на карьерах: установления ширины рабочих площадок, обеспечения нормальной работы транспорта, энергетических и других коммуникаций. Цифровая модель месторождения тесно связана с системой геометрического отображения параметров карьерного поля и горно-геометрического анализа. Трехмерное изображение рудной залежи в массиве горных пород по данным, полученным в процессе бурения взрывных скважин, показано на рис. 2.

Такая система позволяет планировать объемы вскрышных работ с учетом расположения рудных тел, проектировать транспортные ком-

муникации, наглядно представлять поверхности карьера в различных масштабах и ракурсах, редактировать трехмерные изображения.

В основу системы сбора данных о состоянии массива горных пород в целике положена методика определения прочностных характеристик пород по данным энергоемкости бурения взрывных скважин.

Определение формы развалов пород в результате взрывов осуществляется моделированием процессов дробления и разлета горных пород за первоначальные границы блоков при взрыве группы скважинных зарядов. Этапы подготовки и производства взрыва скважинных зарядов на блоке горных пород показаны на рис. 3.

Основным показателем энергоемкости бурения скважин принята удельная энергия бурения, которая определяется диаметром скважин, скоро-



Рис. 4. Общий вид контроллера бурового станка КОБУС.

стью вращения долота, нагрузкой на долото, величиной вращающего момента долота, скоростью бурения скважины, вибрацией бурового станка. По этим параметрам можно в непрерывном режиме определять технологические свойства пород, а также идентифицировать породы и крупные трещины. В соответствии с теоретическими положениями системы разработана

аппаратура регистрации параметров бурения с последующим определением прочностных характеристик породы. Аппаратура предназначена для работы в различных климатических и эксплуатационных условиях от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , выдерживает высокий уровень вибрации, имеет пыле- и влагонепроницаемый корпус. Общий вид устройства КОБУС для сбора и передачи данных в процессе бурения взрывных скважин показан на рис. 4.

Все данные с буровых станков в режиме реального времени поступают по радиоканалам в компьютер, установленный в диспетчерском пункте или административном офисе. В центральной станции все параметры рассматриваются в комплексе и фильтруются через соответствующие алгоритмы. Измеряемые в процессе бурения параметры отражают помимо свойств горных пород также состояние бурового инструмента. Графическое отображение параметров процесса бурения реальной взрывной скважины в условиях действующего карьера показано на рис. 5.

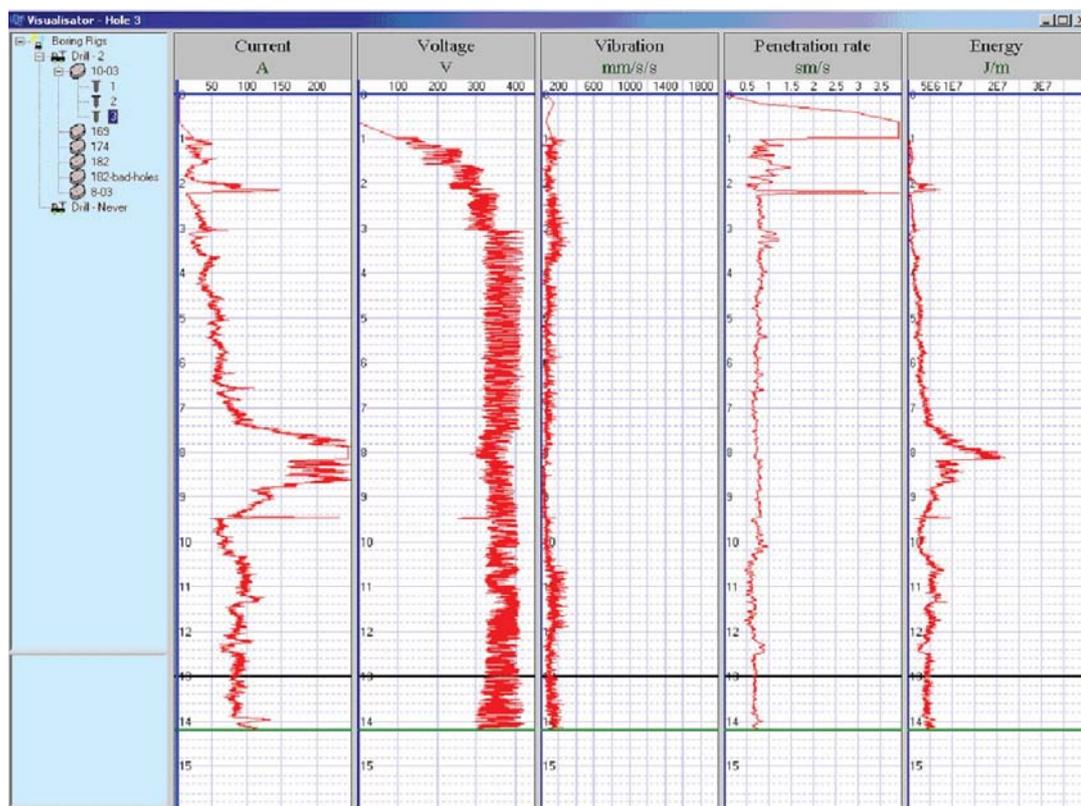


Рис. 5. Графическое отображение параметров процесса бурения реальной взрывной скважины в условиях действующего карьера.

Таким образом, ПТК “Blast Maker” представляет собой наиболее полное решение задачи оптимального проектирования буровзрывных работ на горнодобывающих предприятиях без изменения принятой технологии ведения БВР на карьерах. Полномасштабное внедрение ПТК позволит не только значительно уменьшить затраты на БВР, но и повысить качество взрывных работ, а также оперативность управления оборудованием и процессами на карьерах. Полнота информации о ранее спроектированных и произведенных взрывах, параметрах и режимах бурения всех скважин предоставляют реальную основу для адаптивного управления сложными

процессами буровзрывных работ в самых разнообразных условиях.

Все теоретические разработки, программное обеспечение, конструкция аппарата КОБУС прошли опытно-промышленную проверку и внедрены в практику работы карьеров, в частности, в ОАО “Карельский окатыш”.

Внедрение рекомендаций ОсОО “Blast Maker” в практику работы буровзрывного комплекса, например, карьера ОАО “Карельский окатыш” Костомукшского ГОКа позволило сократить затраты на разрушение горных пород взрывом не менее чем на 10%.