

Современные информационные технологии в подготовке и проведении БВР на угольных разрезах СУЭК.

Артемьев В.Б. - Заместитель генерального директора,
директор по производственным операциям ОАО «СУЭК»,
Коваленко В.А. – директор Института коммуникаций и
информационных технологий КРСУ,
Каинов А.И. - Технический директор ОАО «Разрез Тугнуйский»,
Опанасенко П.И. - зам. технического директора ОАО «СУЭК»,
Исайченков А.Б. - начальник отдела технического
обеспечения и технологии ОГР ОАО «СУЭК»

В 2009 году Сибирской Угольной Энергетической Компанией (СУЭК) принято решение о дальнейшем продвижении современных информационных технологий в подготовку и проведение буровзрывных работ (БВР) на угольных разрезах компании. Рассмотрено несколько вариантов реализации этого решения. В результате выбор был остановлен на предложении компании «Blast Maker»[®] (г. Бишкек, Киргизская Республика) о внедрении одноименного программно-технического комплекса (ПТК), выгодно отличающегося комплексным подходом к автоматизации подготовки БВР на разрезе, а также уникальными компонентами этой системы: программным пакетом системы автоматизированного проектирования буровзрывных работ (САПР БВР) «Blast Maker» и автоматизированной системой сбора и передачи данных с буровых станков (АССД БС) «Кобус»[®].

Существующая технология БВР.

В качестве пилотного предприятия для внедрения комплекса выбран разрез «Тугнуйский» (п. Саган-Нур, Республика Бурятия).

Несколько слов об условиях добычи на разрезе «Тугнуйский». Угольные пласты месторождения имеют пологое залегание, при этом, по мере развития горных работ, мощность пород вскрыши постепенно возрастает и в ближайшие несколько лет достигнет максимальных глубин – до 90 метров. В настоящее время мощность вскрышных пород достигает 30-40 метров. Коэффициент крепости пород по шкале проф. Протодьяконова изменяется от 3 (алевролиты на глинистом цементе) до 8,5 (песчаники на известковом цементе с прослоями окремненных пород), имеются крепкие прослойки с коэффициентом крепости до 14.

Вскрышные работы на разрезе практически полностью выполняются с применением БВР. В качестве исходной геологической информации для проектирования БВР используются данные по геологоразведочным скважинам, которые зачастую находятся даже вне взрываемого блока. При этом принимается, что представленная по этим данным геологическая структура едина для всего блока, а это далеко не всегда соответствует действительности, поскольку разрабатываемый массив горных пород имеет сложноструктурированное строение, расположение крепких и слабых слоев постоянно меняется и предсказать размещение крепких слоев по глубине практически невозможно. Проект на БВР, выполненный на основе таких данных, зачастую приводит к неравномерному дроблению горной массы, большому количеству негабаритов. В некоторых случаях оказывается необходимым повторное взрывание части блока.

Следует также отметить тот факт, что в отсутствии детальной геологической информации геологи предприятия при формировании предполагаемой структуры выбранного блока ориентируются, в соответствии с общепринятой в отрасли практикой уменьшения выхода негабаритов, на максимально возможную крепость породы на блоке.

Это приводит к завышению требуемой энергии взрыва для разрушения блока, и, как следствие – к перерасходу ВВ и к переизмельчению массива.

Потери на дополнительное бурение и взрывание при таком способе проектирования БВР в среднем по отрасли достигают 10 % от общего объема БВР.

Программно-технический комплекс «Blast Maker».

Для эффективного ведения БВР необходимо иметь максимально полную информацию о геологическом строении взрываемого массива. Одним из способов получения дополнительных сведений о структуре и прочностных свойствах массива горных пород является использование данных, получаемых с буровых станков непосредственно в процессе бурения взрывных скважин [1]. Такой способ, реализованный в ПТК «Blast Maker», привлекателен тем, что не нарушает существующую технологию ведения работ на карьере и не требует дополнительных затрат на проведение геологических исследований. Одновременно становится возможен автоматический сбор и накопление объективной производственной информации по каждому буровому станку и экипажу (пробуренные метры и скважины, производительно потраченное время и время на ожидание и выполнение ремонта, заправки или техобслуживания, расход топлива, использование шарошек и применяемые режимы бурения, и другие сведения).

Схема информационного обмена между компонентами комплекса приведена на рисунке 1:

Непрерывный сбор и концентрация получаемых данных в единой информационной базе позволяет учитывать фактические свойства массива горных пород и следить за динамикой их изменения, анализировать производственную деятельность бурового цеха и смежных с ним подразделений, оперативно планировать и оптимизировать горные работы, и в результате снижать их себестоимость.

Система «Кобус».

Как уже отмечалось, ПТК состоит из пакета САПР БВР «Blast Maker» и системы сбора и передачи данных с буровых станков «Кобус».

Система «Кобус» включает в себя оборудование сбора и передачи данных (контроллер «Кобус», датчики, радиопередающее устройство), размещаемое на буровых станках, оборудование Базовой Станции (БС) «Кобус», размещаемое в центральном офисе разреза, и оборудование Ретрансляционных Станций (РС), размещаемое на мачтах по периметру карьерного поля разреза. Программная компонента системы представлена программным обеспечением (ПО) БС и ПО Системы Управления Базой Данных (СУБД), встроенным ПО контроллеров «Кобус», и пакетом пользовательского ПО.

Взаимодействие всех компонентов комплекса (контроллеры «Кобус», сервер БС с базой данных, программные пакеты на компьютерах специалистов предприятия) осуществляется по локальной вычислительной сети (ЛВС) предприятия. Оборудование беспроводной передачи данных на буровых станках, на базовой станции и на ретрансляционных станциях образует радиосеть системы сбора данных и архитектурно является беспроводным продолжением ЛВС, или иначе беспроводным сегментом ЛВС предприятия. При этом доступ к этому беспроводному сегменту есть только у специализированных серверов предприятия.

Схема взаимодействия компонентов системы приведена на рисунке 2.

Организация обмена данными между компонентами ПТК на основе ЛВС предприятия с использованием Интернет-технологий позволила также обеспечить удаленный доступ к базе данных комплекса специалистов головного офиса СУЭК (г.Москва), что дало возможность оперативно контролировать как работоспособность технических средств комплекса, так и использование парка буровых станков и выполнение текущих плановых заданий на разрезе. Более того, возможность получения доступа к базе данных и к оборудованию комплекса через Интернет позволило производить обновления ПО, а также

осуществлять полноценное удаленное техническое сопровождение всех программных и технических средств ПТК разработчиком комплекса из офиса компании в г. Бишкек. Разумеется, специалистами подразделения обеспечения компьютерной безопасности разреза для этого были предоставлены соответствующие права доступа к ЛВС предприятия, с соблюдением всех необходимых мер информационной безопасности.

Передаваемая с буровых станков информация сохраняется в базе данных «Кобус», и доступна по ЛВС предприятия как для пакета САПР БВР, так и для программ пакета пользовательского ПО, установленных на компьютерах специалистов предприятия. Пользовательское ПО системы сбора данных обеспечивает специалистам предприятия быструю и эффективную обработку информации, содержащейся в базе данных системы, для формирования отчетов о производственной деятельности бурового и смежных с ним подразделений.

Согласованные с предприятием формы отчетов содержат данные по эффективности использования парка бурового оборудования, расходу топлива, производительности труда, выполнению производственных плановых заданий за разные отчетные периоды, а также сведения для углубленного анализа структуры затрат времени машинистами буровых станков, ремонтными и обслуживающими подразделениями на выполнение различных технологических операций (чистое время бурения, время на вспомогательные технологические операции - смену штанг, переезд к новой скважине и к новому блоку, дозаправку, техобслуживание, ремонт, время на ожидание обслуживания, и пр.), позволяет учитывать непроизводительно затрачиваемое время для принятия мер с целью его уменьшения. В составе пакета пользовательского ПО имеется также подсистема мониторинга технического состояния и использования компонентов комплекса, позволяющая в удаленном режиме диагностировать оборудование и своевременно принимать меры для устранения его возможных отказов.

На рисунках ниже приведены примеры рабочих окон некоторых программ пользовательского ПО, визуализирующие зарегистрированные параметры бурения по одной скважине (рис.3) и работу системы мониторинга буровых станков (рис.4).

Сбор данных на буровых станках.

В основу работы системы сбора данных на буровых станках положена методика определения физико-механических характеристик массива (прочности, буримости, взрываемости) по данным удельной энергоемкости бурения (энергии, затрачиваемой на бурение единицы длины или объема скважины), которая зависит от типа шарошечного долота, осевой нагрузки, вращающего момента, скорости вращения, скорости проходки и сечения скважины, и некоторых других. При соответствующей обработке полученных данных определяется распределение удельной энергоемкости бурения и, соответственно, прочностных характеристик породы и крупных трещин в ней по всей глубине скважины. Регистрацию указанных параметров, а также глубины бурения, координат устьев скважин и положения станка, углов разворота станка и углов наклона мачты, и других технологических данных, связанных с эксплуатацией бурового станка, обеспечивает контроллер сбора данных «Кобус» (рис. 5) с комплектом соответствующих датчиков .

Текущие значения всех регистрируемых и вычисляемых параметров отображаются на дисплее контроллера, размещенного в кабине станка. Машинист вводит необходимую технологическую информацию, в частности, табельные номера экипажа в начале смены, текущий режим использования станка (работа, простой и его причина), и другие, используя клавиатуру контроллера. Введенная машинистом информация о начале и окончании смены, об изменении режима работы и причине простоя в привязке к времени, номеру станка, табельным номерам экипажа сохраняется в Базе Данных системы и в режиме реального времени доводится до сведения диспетчера предприятия или начальника бурового участка, которые могут уточнить у машиниста станка причину простоя, принять или не принять ее, а также предпринять действия по ее устранению.

Контроль текущего положения станка и фактических координат устьев пробуренных скважин в местной трехмерной системе координат, углы разворота станка в горизонтальной плоскости и углы наклона мачты станка в двух вертикальных плоскостях обеспечивается использованием в составе системы высокоточных двухантенных приемников сигналов глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) GPS/ГЛОНАСС и двухосевых инклинометров.

Для учета расходования топлива на буровых станках применяется датчик уровня топлива, подключенный к контроллеру «Кобус». Информация о текущем уровне топлива в баке постоянно регистрируется в привязке к времени, номеру станка, табельным номерам экипажа, отражает все его изменения как в процессе работы, так и при дозаправке, и при этом отображается на дисплее контроллера для машиниста, на экране у диспетчера, и сохраняется в базе данных комплекса. Обработка этой информации с помощью пользовательского ПО позволяет формировать отчеты о расходовании топлива на каждом станке в привязке к смене, станку, машинисту за разные интервалы времени, а также сводные отчеты.

Важной функцией системы сбора данных является отображение на дисплее контроллера текущего проекта на бурение и возможность наведения станка на новую скважину в соответствии с этим проектом. Проекты на бурение, создаваемые специалистами отдела проектирования в пакете САПР БВР, рассылаются на все станки по радиосети; машинист бурового станка выбирает актуальный для него проект на дисплее контроллера, и производит бурение в соответствии с этим проектом, при этом наведение станка на новую скважину осуществляется им в реальном времени по отображаемому на дисплее контроллера положению данного станка на масштабируемом фрагменте плана обуриваемого блока. При этом точность следования проекту не будет зависеть от внешних условий, таких, как снежный покров, грязь или ночное время, отпадает необходимость выноски меток сетки скважин на блок, на что в среднем тратится до 40% времени. Кроме того, на дисплее может аналогичным образом отображаться и использоваться для управления движением станка рекомендованный путь перегона станка к новому месту бурения через весь разрез. Это полезно с точки зрения того, что рельеф и геометрия карьера постоянно меняется в силу очевидных причин, и тот путь, которым машинист пользовался ранее, в данный момент может оказаться невозможным.

Востребованной функцией системы сбора данных также является предоставляемая диспетчеру или руководителю бурового подразделения возможность отправки на станки и отображения на дисплее контроллера текстовых сообщений для машиниста, с возможностью его ответа «да-нет» или цифрового ответа.

Базовая станция.

Базовая станция «Кобус» включает в себя сервер, базовый приемник сигналов ГНСС для формирования Real Time Kinematic (RTK) - поправок, и базовое радиопередающее устройство. RTK-поправки регулярно рассылаются по радиосети на ГНСС-приемники буровых станков для обеспечения необходимой точности определения координат станка (ошибка по каждой координате на всем поле разреза не превышает ± 5 см, что на практике позволяет обеспечить точность позиционирования станка для бурения скважин точнее чем $\pm 0,25$ м). Новые проекты на бурение, создаваемые в пакете САПР БВР, и текстовые запросы к машинистам станков также поступают в базу данных и передаются по радиосети на станки. Все поступающие с буровых станков данные регистрируются в базе данных комплекса в привязке к времени, номеру станка, табельным номерам экипажа.

Радиосеть.

Радиосеть комплекса построена с использованием беспроводного широкополосного оборудования, реализующего технологию радиосвязи MESH, что обеспечивает высокую надежность и устойчивость радиосвязи с буровыми станками. Выбор такой технологии

обусловлен геометрией разреза, представляющего собой достаточно узкую, глубокую и протяженную выемку неправильной формы. При использовании технологии радиосвязи WiFi, и других аналогичных, даже несмотря на достаточно большое количество ретрансляционных станций (на разрезе оказалось необходимой установка по периметру разреза до 5 таких станций), оставались бы зоны, в которых была бы невозможна радиосвязь со станками. При использовании технологии MESH оконечные точки радиосети на буровых станках обеспечивают дополнительную ретрансляцию сигналов от других точек, при этом создание новых маршрутов передачи данных осуществляется автоматически, что в результате и обеспечивает полное радиопокрытие всей площади разреза. Нужно также отметить, что исходно заложенная избыточность полосы пропускания оборудования радиосети ПТК обеспечила возможность ее одновременного использования внедряемой в настоящее время компанией «ВИСТ Групп» на разрезе системой диспетчеризации подвижного технологического оборудования (карьерные самосвалы, экскаваторы, и др.). Возможности радиосети оказались после этого далеко не исчерпанными, что позволит использовать ее для дальнейшего развития информационных технологий на разрезе, например, внедрения системы видеонаблюдения, голосовой связи, и других, без дополнительных затрат на развертывание новой радиосети.

На начальном этапе развертывания радиосети пришлось преодолевать сложности, связанные с электропитанием ретрансляционных станций радиосети от фидеров, обеспечивающих электроснабжение шагающих экскаваторов, для которых характерна высокая степень изменчивости потребляемой мощности и, как следствие – значительные, превышающие нормы даже для промышленных сетей класса III колебания установившихся значений напряжений и импульсные выбросы энергии в питающую сеть, повреждающие оборудование электропитания на мачтах ретрансляторов, а также частые и нередко продолжительные отключения фидеров для проведения технического обслуживания экскаваторов или устранения аварий на время, превышающее возможности источников бесперебойного электропитания (6-8 часов), установленных на мачтах ретрансляторов. В результате имели место значительные перерывы в радиосвязи, отрицательно влияющие на качество работы комплекса. Несмотря на то, что собираемые на станках данные в отсутствие радиосвязи сохраняются в энергонезависимой памяти контроллера и передаются после ее восстановления, сказывалась невозможность их своевременного получения для использования пакетом САПР БВР, особенно при длительных, до 1-2 дней, отключениях. Кроме того, отсутствие радиосвязи хотя бы на несколько минут делало невозможным получение RTK-поправок приемниками сигналов ГНСС на станках, что приводило к серьезному ухудшению точности местоопределения станка (до ± 3 метров, и больше, вместо $\pm 0,25$ м в нормальном режиме) и делало невозможным использование режима наведения. Применение разного рода устройств, предназначенных для защиты электрооборудования от импульсных помех и перенапряжений (УЗИП), реле напряжения, и пр., не давало ожидаемого эффекта, поскольку при этом сами защитные устройства выходили из строя вместе с защищаемым оборудованием. Проблема радикально решилась прокладкой индивидуальных воздушных линий электроснабжения к каждой мачте ретрансляторов непосредственно от подстанций.

Программный пакет САПР БВР «Blast Maker».

Пакет САПР БВР «Blast Maker» обеспечивает оперативность создания многовариантных проектных решений массового взрыва и выбор наиболее оптимального из них в условиях высокой интенсивности горных работ. Использование САПР БВР позволяет учитывать геометрию блока и прочностные свойства слагающих пород, а также рационально распределять скважинные заряды для эффективного разрушения массива. При этом создание **проекта на бурение** производится на основе прогнозных значений о прочностных свойствах пород взрываемого блока, а создание **проекта на взрыв**

производится по фактически пробуренным скважинам и по данным о прочностных характеристиках пород, полученным в процессе бурения этих скважин.

Пакет САПР БВР состоит из набора модулей, обмен информацией между которыми осуществляется через единую базу данных. Пакет объединяет в себе цифровую модель месторождения, математическую модель взаимодействия заряда со средой, средства обработки информации о массиве, и средства, обеспечивающие подготовку необходимой проектной документации для производства массовых взрывов. Цифровая модель месторождения является информационной основой пакета, аккумулирующей основные геометрические, технологические и физико-механические свойства горного массива в карьере. Информационное наполнение базы данных пакета САПР БВР осуществляется на основе:

- проектной геологической информации, полученной при разведочном бурении;
- уточняющих геологических данных при эксплуатационном бурении;
- данных об энергетических параметрах бурения скважин на взрываемых блоках;
- экспертных заключений о фактически произведенных взрывах на разрезе.

Применение пакета САПР БВР в процессе внедрения и эксплуатации комплекса осуществляется поэтапно:

На **этапе первичной подготовки данных** осуществляется ввод в базу данных полученных от соответствующих служб горнодобывающего предприятия сведений о геометрии и геологической структуре разреза.

На основе цифровой модели рельефа, предоставляемой маркшейдерской службой предприятия в одном из цифровых форматов (AutoCAD, и др.) в пакете САПР БВР создается модель рельефа (рис.6).

К этой модели осуществляется привязка информации от геологических служб предприятия (на первом этапе) и данных об энергоемкости бурения блоков (на последующих этапах) для выделения областей с различными типами пород. После этого появляется возможность осуществлять автоматизированное проектирование буровых работ.

При разработке **проекта на бурение** производится расчет сеток скважин и компоновка схемы размещения скважинных зарядов в пределах проектируемого блока с учетом его прогнозируемых прочностных свойств (рис.7).

Результатом работы является комплект технической документации (паспорт на бурение, графическая схема обуривания блока, технический расчет и т.д.), отображающей набор координат и глубин проектных скважин, которые при заданных параметрах зарядов обеспечивают качественную проработку подошвы и оптимальное насыщение взрываемого массива энергией ВВ.

На последующих этапах изменяющаяся в процессе разработки месторождения геометрия разреза должна постоянно и своевременно обновляться в базе данных по информации, предоставляемой маркшейдерской службой предприятия.

На **втором этапе**, в процессе эксплуатации комплекса, системой сбора данных ПТК производится непрерывная регистрация и обработка параметров бурения на каждом из элементарных отрезков (порядка 0,1 м) скважин в привязке к их глубинам и к трехмерным координатам устьев скважин. По данным, получаемым в процессе бурения скважин и зарегистрированным в базе данных системы «Кобус», автоматически рассчитывается распределение удельной энергоемкости бурения, и связанных с ней физико-механических характеристик горных пород - прочности, буримости, взрываемости по объему обуриваемых блоков.

На этом этапе, после завершения обуривания блока и получения от маркшейдерской службы дополнительных фактических данных об осыпании и обводненности пробуренных скважин, появляется возможность создания **проекта на взрыв**.

Данные по энергоемкости бурения из базы данных «Кобус» импортируются в базу данных САПР БВР с соответствующими фактическими атрибутами скважин (номер, координаты, угол и азимут наклона, диаметр, глубина и т.д). Полученная информация используется пакетом САПР БВР для идентификации прослоек твердых и мягких пород, крупных трещин, и их пространственного расположения, то есть для построения реальной структуры массива, которая может быть графически визуализирована на экране компьютера в виде горизонтальных и вертикальных 2D и 3D сечений массива с цветовой кодировкой прочностных характеристик пород. На рисунке ниже приведено 3D-сечение прочностной структуры пород взрываемого блока. На сечении серым цветом показана поверхность кровли угольного пласта, также восстановленная по данным об энергетических параметрах бурения (рис.8).

Имея дополнительную информацию подобного рода, инженер-проектировщик БВР может учесть все детали строения массива и разместить заряды в скважинах так, чтобы обеспечить максимальную эффективность взрыва.

Заряд скважины моделируется по стандартной схеме и расчету, принятому на разрезе, проводится анализ прочности пород вдоль скважин, по горизонтальным и вертикальным сечениям, по изоповерхностям в модели блока. По результатам анализа выдаются рекомендации по усилению или уменьшению зарядов в каждой конкретной скважине, и рекомендации по размещению рассредоточенной части заряда с тем, чтобы точно попасть в прочные прослойки, если они будут обнаружены (координаты таких прослоек могут быть точно определены по результатам бурения), с целью улучшения качества дробления горной массы.

Изменчивость свойств пород на большинстве взрываемых блоков разреза «Тугнуйский» настолько велика, что требует индивидуального учета неоднородностей и соответствующего распределения ВВ в колонках скважинных зарядов. Для этих целей в САПР БВР предусмотрено использование составных скважинных зарядов с одним или несколькими воздушными промежутками. Наряду с возможностью точного позиционирования зарядов в пределах прочных прослоев, дополнительным преимуществом скважинных зарядов с воздушными промежутками является увеличение длительности волны сжатия, что позволяет повысить время активного воздействия продуктов взрыва на разрушаемый массив (рис.9).

Данные по энергоемкости бурения скважин обеспечивают получение информации о залегании кровли угольного пласта с гораздо большей точностью, чем данные геологической разведки. Знание пространственного расположения кровли позволяет корректировать глубины пробуренных скважин таким образом, чтобы они точно располагались над поверхностью угольного пласта. Это приводит к существенной экономии ВВ за счет устранения перебуров и предотвращает разубоживание угля раздробленными фрагментами пустой породы. На рисунках ниже приведены примеры сечений реальных блоков, отработанных на разрезе «Тугнуйский». На сечениях линиями синего цвета показаны поверхности угольной кровли, восстановленные по данным энергоемкости бурения (рис.10).

В САПР БВР применяются математические модели и вычислительные алгоритмы, настроечные параметры которых определяются методами математической статистики по фактическим данным о свойствах взрываемой среды. Каждый разрез имеет уникальные физико-механические и структурные особенности, которые определяют характер диссипации энергии взрыва и степень дробления пород. В связи с этим, внедрение САПР БВР в производственный процесс потребовало предварительной настройки системы к реальным условиям разреза «Тугнуйский». В ходе опытной эксплуатации ПТК «Blast Maker» уточнялись корреляционные функции крепости горных пород в зависимости от

энергетических параметров бурения; подбирались способы фильтрации данных, получаемых с буровых станков; корректировались параметры вычислительных алгоритмов с целью максимального соответствия результатов имитационного моделирования с результатами фактических выполненных взрывов (рис.11).

Пакет САПР БВР позволяет достаточно быстро в автоматизированном режиме создать несколько вариантов проектов на взрыв с разными удельными расходами взрывчатых веществ и разными конструкциями зарядов в скважинах, осуществить компьютерное моделирование и визуализацию результатов массового взрыва (профиль образующейся выемки, предполагаемый контур границ разлета горной массы и т.д.) по текущему проекту и выбрать из них оптимальный с точки зрения минимизации удельного расхода ВВ при заданном качестве дробления пород и направлении развала. По завершению анализа и выбора предпочтительного варианта создаются и выводятся на печать необходимые документы – таблицы на зарядку блока, подсыпку скважин и плана массового взрыва с указанием глубин скважин до угольного пласта, и других, предусмотренных технологическим процессом документов.

На **третьем этапе** информация о строении и прочностных характеристиках ранее обуренных и, возможно, взорванных, блоков, соседних с проектируемым, используется пакетом САПР БВР для прогнозирования строения проектируемого блока и прочностных характеристик пород, его слагающих; результаты прогноза позволяют выполнить расстановку скважин проектируемого блока не по регулярной сетке, создать проекты на бурение и на массовый взрыв, смоделировать и оценить результат; при необходимости повторить эти действия, изменив некоторые параметры, и выбрать лучший вариант, обеспечивающий минимизацию объемов бурения и расхода ВВ, и исключающий переизмельчение породы и появление негабаритов. Таким образом, становится возможным оптимальное проектирование БВР в полном объеме и в сжатые сроки.

Детальная информация о прочностных характеристиках пород и их качественном составе, полученная в процессе бурения взрывных скважин, может также использоваться для прогнозирования устойчивости бортов карьера и ряда других инженерно-технических и производственных задач

Результаты внедрения.

Работы по внедрению и опытно-промышленной эксплуатации комплекса на разрезе были выполнены в 2010-11 годах, с начала 2012 года комплекс эксплуатируется в промышленном режиме.

Несмотря на небольшой срок промышленной эксплуатации комплекса, эффект от его внедрения заметен уже сейчас. Сравнение затрат на подготовку и выполнение вскрышных работ на карьере до и после внедрения ПТК показывает, что уменьшение количества скважин и расхода ВВ за счет оптимизации расстановки скважин и рационального распределения скважинных зарядов составляет по блокам от 3 до 7%, повышение производительности экскаваторов за счет качественного дробления породы и исключения появления негабаритов - до 6%, в значительной степени уменьшена непроработка подошвы уступа и разубоживание угля в связи с сохранением кровли пласта. **Таким образом, большинство проблем, связанных с качеством дробления массива горных пород массовым взрывом на разрезе, решены при внедрении комплекса.**

Помимо прямой экономии затрат на вскрышные работы, внедрение ПТК сопровождается:

- повышением производительности труда специалистов при проектировании БВР за счет уменьшения доли ручного труда при выполнении рутинных и трудоемких операций,
- повышением эффективности и оперативности проектирования массовых взрывов за счет осуществления картирования карьерного поля по буримости и взрываемости пород,

обеспечения оперативного доступа специалистов к статистической и аналитической информации, хранящейся в базах данных ПТК, подготовки сводных отчетов для соответствующих подразделений и служб предприятия о ходе выполнения БВР,

- повышением производительности труда при бурении скважин за счет наведения станка на новые скважины в соответствии с проектом, передаваемым на буровые станки по радиосети и исключения необходимости выноски меток сетки скважин на блок,

- повышением эффективности использования бурового оборудования и оснастки за счет внедрения средств объективного контроля над использованием парка буровых станков предприятия и мониторинга режимов бурения.

Проектирование БВР на разрезе в настоящее время выполняется только в программной среде «Blast Maker». Инженеры-проектировщики получили мощный инструмент для подготовки массовых взрывов, значительно повысилась производительность труда специалистов за счет автоматизации процесса проектирования БВР. Сейчас в течение короткого времени специалист может спроектировать массовый взрыв блока, оценить проект, используя возможности имитационного моделирования; наглядно увидеть слабые места проекта; оперативно внести изменения и получить оптимальный проект на БВР. Генератор выходных документов позволяет легко и просто осуществлять вывод результатов проектирования БВР, данных маркшейдерской съемки, геологических изысканий, различной аналитической, статистической и оценочной информации, используемой на горном предприятии.

В качестве примера, на рисунке 12 приведена карта распределения коэффициента крепости пород по шкале проф. М.М.Протоdjяконова для одного из участков разреза «Тугнуйский», созданная в пакете САПР БВР «Blast Maker» по результатам обработки информации об энергетических параметрах бурения от системы сбора данных «Кобус» в процессе проходки примерно 4000 взрывных скважин.

Использование программного пакета САПР БВР «Blast Maker», программного обеспечения и технических средств АССД БС «КОБУС» предоставило реальную возможность комплексной автоматизации операций, выполняемых при проектировании и осуществлении БВР на разрезе.

Внедрение комплекса потребовало от предприятия также некоторой перестройки сложившейся практики ведения проектных и других работ, в том числе работы проектировщиков, буровиков, геологов, взрывников и маркшейдеров, и в итоге повысило общую организованность и оперативность работы служб.

В инвестиционных планах СУЭК на ближайшие годы предусматривается внедрение ПТК «Blast Maker» еще на нескольких разрезах, а в перспективе – на всех разрезах СУЭК.

Список литературы:

1. Тангаев И.А. Буримость и взрываемость горных пород. – М.: Недра, 1978.
2. Коваленко В.А., Долгушев В.Г. Способ производства буровзрывных работ. Евразийское патентное ведомство. 30.06.2008 г. № 010244.
2. Коваленко В.А. Автоматизированная подготовка производства на карьерах. Вестник КРСУ. 2009. Том 9. № 11. с.118 – 123.