

Р.О. Нурлыбаев¹

¹Институт горного дела им. Д. А. Кунаева, г. Алматы, Казахстан

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ БУРОВЗРЫВНОГО КОМПЛЕКСА НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КАЗАХСТАНА, ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Аннотация. Приведены некоторые результаты исследований, освещающих аспекты и проблемы буровзрывного комплекса на горнодобывающих предприятиях. Цель исследований – установление уровня развития буровзрывного комплекса в горнорудной промышленности для повышения эффективности и безопасности добычи твердых полезных ископаемых в различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Дана оценка полученным результатам, выявившая как положительные, так и проблемные стороны в вопросах развития и совершенствования буровзрывного комплекса. Обнаруженные слабые его стороны, их критический анализ и оценка позволили наметить пути решения проблем и указать перспективные направления по совершенствованию технико-технологического уровня буровзрывных работ для расширения области их эффективного применения

Ключевые слова: горнорудная промышленность, горнодобывающие предприятия, буровзрывной комплекс, взрывчатые вещества, управление энергией взрыва, горные породы, проведение выработок.

• • •

Түйіндеме. Еліміздегі кен өндіру кәсіпорындарындағы бұрғылайжару жиынтығының аспектерімен мәселелерінің зерттелген бірталай негізді нәтижелері келтірілген. Бұл жұмыстың мақсаты – ол әртүрлі таукен-геологиялық және таукентехникалық жағдайларда қатты пайдалы қазбаларды әсерлі және қауіпсіз қазып алу үшін, таукен өнеркәсібіндегі бұрғылайжару жиынтығының даму деңгейін анықтау. Бұл нәтижелерге баға беруде, олардың жағымды да жағымсыз жақтары бұрғылайжару жиынтығының даму және жетілу мәселелерін айқындайды. Жару жұмыстарын жүргізу барысында, алуантүрлі таукен-геологиялық жағдайларын ескере келе және таужыныстарының жиіде жылдам өзгеріп отыруына қарай бұрғылайжару жұмыстарын, әсерлі кең қолдану үшін ашылған кемістіктер жақтарын сыни түрде талдап бағалау арқылы, мәселелердің шешу жолдарымен болашақта бұрғылайжару жұмыстарының технико-технологиялық деңгейін жетілдіру бағыттары белгіленген.

Түйінді сөздер: таукен өнеркәсібі, кен өндіру кәсіпорындары, бұрғылайжару жиынтығы, жарылғыштық заттар, жарылыс энергиясын басқару, таужыныстар, қазбалар жүргізу.

Abstract. The article presents some research results, covering aspects and problems of the drilling and blasting complex, which are faced by the country's mining companies. The purpose of the research is to establish the level of development of the drilling and blasting complex in the mining industry to increase the efficiency and safety of mining solid minerals in various mining and geological and mining conditions. The analyzed results reveal both positive and problematic aspects in the development and improvement of the drilling and blasting complex. The weaknesses have been found, its their critical analysis and assessment made it possible to identify ways to solve problems and indicate promising areas for improving the technical and technological level of drilling and blasting operations to expand the field of their effective application, based on the variety of mining and geological conditions and the strength of rock characteristics.

Keywords: mining industry, mining enterprises, drilling and blasting complex, explosives, control of explosion energy, rocks, mine workings.

Введение. Казахстан по запасам твердых полезных ископаемых является одной из ведущих стран с развитой горнодобывающей промышленностью, где буровзрывной комплекс (БВК) имеет свою определенную ключевую роль, от которой напрямую зависят технико-экономические показатели (ТЭП) и рентабельность предприятия по добыче того или иного вида полезного ископаемого. Буровзрывной комплекс, сочетающий в себе буровые и взрывные работы (БВР) со своим соответствующим оборудованием и технологиями нацелен на разрушение и отделение от горного массива заданной его части для дальнейшей переработки и получения в конечном счете полезных компонентов. Поэтому материальный, технико-технологический уровень БВР непосредственно и во многом предопределяет эффективность горного производства по добыче, при необходимом уровне обеспечения безопасности ведения горных работ. Здесь особую роль нужно отвести производству самих взрывных работ, перед которыми в силу их специфичности ставятся большие требования по обеспечению заданных объемов и параметров отбиваемой горной массы при требуемой безопасности работ в очистных или проходческих забоях. Нынешнее состояние буровзрывного комплекса характеризуется существенным развитием как технических средств и технологий, так и способов ведения буровзрывных работ и методов (методики) расчетов их параметров. Буровзрывные работы при добыче твердых полезных ископаемых применяются повсеместно и в больших объемах, являясь важным составляющим звеном в общем комплексе работ [1,2].

Буровзрывной способ отбойки горных пород и/или руд к настоящему времени и очевидно далеко в перспективе будет оставаться самым эффективным, высокопроизводительным и надежным методом ведения взрывных работ в проходческих и очистных забоях по разрушению, дроблению и отделению от горного массива заданной его части с определенными параметрами для последующих технологических операций, как уборка, погрузка, транспортировка. Как утверждают ученые и специалисты, что еще длительное время буровзрывному способу отбойки не будет достойной альтернативы, так как взрыв по своей природе и химико-физической сути является самым мощным средством и инструментом, способным разрушать и раздробить практически любую твердую физическую среду самой высокой крепости и прочности. Но, вместе с тем как показывает обзор научно-технической информации, что в развитых европейских странах, а также и в Китае при строительстве туннельных сооружений во многих случаях предпочтение дают щитовой технологии, т.е. применению туннеллепроходческого механизированного комплекса (ТПМК), нежели буровзрывной -, так как первый метод в определенных ситуациях более экологичен, экономичен и эффективен в зависимости от конкретных условий туннеллестроения, исходя из физико-технических характеристик и параметров слагаемых горный массив пород, других влияющих факторов [3-6]. Объяснением этому может служить тот факт, что буровзрывной способ хоть и по-прежнему остается приоритетным вариантом, но в некоторых случаях при проходке туннелей не выгоден, не экономичен и не безопасен, в силу своих известных специфических, присущих только ему недостатков. Но, несмотря на это буровзрывная технология отбойки, благодаря своим неоспоримым преимуществам в горнодобывающей отрасли считается самым прогрессивным и передовым методом ведения взрывных работ как на подземных, так и на открытых горных работах в проходческих и очистных забоях [7-15]. К ней с учетом её характерной и специфической особенностей предъявляют определенные требования в целях повышения эффективности процесса отбойки на основе рационального управления действием энергии взрыва, при обеспечении необходимой безопасности работ, что безусловно является одной из актуальных проблем, требующих своего решения во многих горно-производственных ситуациях, обусловленных разнообразием горно-геологических, горнотехнических и других возможных факторов.

В нынешних условиях состояние буровзрывного метода отбойки и в целом развитие БВК на горнодобывающих предприятиях страны

и мира характеризуются тем, что постоянно совершенствуются как взрывчатые материалы и средства взрывания, техника и технология ведения БВР, так и научно-теоретическая их база, направленная на обеспечение эффективного и безопасного производства взрыва, в целях достижения наиболее высоких ТЭП горного предприятия как по добыче руды, так и по проведению выработок. Эффективность добычи рудной массы на горнодобывающих предприятиях во многом предопределяется достигнутым уровнем горнопроходческих работ, так как в стоимости добытой руды затраты на проведение выработок составляют 30-40%, а одна треть из этих затрат приходится на взрывные работы.

Цель и задачи исследования – установление и оценка уровня развития буровзрывного комплекса на горнодобывающих предприятиях страны для повешения эффективности и безопасности добычи твердых полезных ископаемых в различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Достижение поставленной цели требует изучения научно-технических разработок и достижений в области буровзрывной технологии разрушения и отбойки горных массивов как в проходческих, так и очистных забоях.

Методы исследования – обзор литературных источников, изучение научно-технической информации, анализ и обобщение результатов исследований с критической их оценкой для обоснования необходимости дальнейшего развития и совершенствования исследуемого вопроса.

Результаты исследования и их обсуждение. Развитие материально-технической базы БВК, сопровождающееся постоянным совершенствованием технических средств и технологий буровзрывных работ продиктовано, прежде всего, все возрастающей потребностью в природных ресурсах для нужд различных отраслей промышленности. Это обуславливает наращивание мощи горного производства по увеличению темпов и объёмов добычи полезных ископаемых, что в свою очередь, непосредственно связано с увеличением объёмов горнопроходческих работ, направленных на проведение самых различных горных выработок с разными параметрами в различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Сведения об объёмах горно-капитальных и горно-подготовительных работ приведены в таблице 1, откуда следует, что на долю буровзрывной технологии разрушения и отбойки приходится значительные объёмы горнопроходческих работ по проведению выработок различного назначения, протяженности, поперечного сечения с разной скоростью, что безусловно увеличивает нагруз-

ку на БВК горных предприятий. В настоящее время по некоторым ориентировочным данным на рудниках и шахтах в Казахстане ежегодно проходят более 600 км различных горных выработок. Только на рудниках предприятия Жезказганцветмет за год проходят около 60 км горизонтальных выработок, не считая наклонных и вертикальных, а всего вместе с ними в корпорации Казахмыс - более 100 км. Отсюда не трудно представить насколько БВК играет свою важную и ключевую роль в горно-рудной отрасли, от которой напрямую зависят ТЭП и рентабельность работы предприятия. В настоящее время буровзрывной комплекс отечественных и зарубежных горнодобывающих предприятий находится довольно на высоком материально-техническом уровне, оснащен современными высокопроизводительными буровыми и зарядными установками для бурения, зарядания шпуров и скважин разными по физико-химическим и взрывчатым показателям и назначениям взрывчатыми веществами (ВВ), а также эффективными средствами инициирования и взрывания зарядов ВВ, другими необходимыми механизмами и устройствами, включая вспомогательное оборудование для ведения буровзрывных работ в различных горно-геологических и горнотехнических условиях [3,7-15].

Определенный и неоценимый свой вклад в развитие горной отрасли, в том числе и взрывного дела внесли и продолжают вносить ученые и специалисты из различных научно-исследовательских, проектно и опытно-конструкторских организаций, научно-производственных структур в виде АО, ОАО или ТОО, занимающихся буровзрывной деятельностью и оказывающих посильную помощь горнодобывающим и смежным с ним строительным и гидростроительным предприятиям. Среди таких производственных структур и объединений, т.е. частных компаний, оказывающих те или иные услуги в области БВР в целях научно-технического обеспечения горного производства, например, следует отметить весомую роль и вклад НПП «Интеррин», которое вот уже на протяжении ряда лет совершенствует и разрабатывает всё новые высокоэффективные взрывчатые материалы и ВВ, а также технику и технологию взрывных работ, в целом развивая и совершенствуя взрывное дело и, тем самым, выводя его на новый качественный уровень [7,8]. Взрывная технология отбойки как основная составляющая часть или элемент БВК, являясь наукоемким вопросом требует своего совершенствования и эффективного применения во многих разнообразных горно-производственных условиях в зависимости от целого ряда факторов и их совокупного на неё влияния в той или иной степени [9-15].

Таблица 1 - Объемы горно-капитальных и горно-подготовительных работ на строящихся и действующих рудниках Республики Казахстан.

Вид работ и горных выработок	Рудники «Казахмыс»				Рудники «Казцинк»					Рудники «Шалкия цинк ЛТД»	Рудники «Казхром»	
	Орловский	Артемьевский	Юбилейно-Сенгиринский	Шатыркульский	Новоленогорский	Обручевский Долинный	Риддер-Сокольный	Тишинский	Малевский	Шалкия	Шахта «Молодежная» Донского ГОКа	Шахта «10 лет независимости Казахстана» Донского ГОКа
Горно-капитальные работы: вертикальные стволы, протяженность, м,	50	500	423	1122,51	2171	1369				623		
объем в проходке, м ³ , скорость проходки, м/мес.	500 70	25681 64	12360 41,2	32271 65	135168 70	67219 70				35851 65		
Горизонтальные выработки: протяженность, м,	1044	7522	4460	60			3050	925	1370	42252	975	11750
объем в проходке, м ³ , скорость проходки, м/мес.	12626 259	135093 110	84866 100	1296 100	472790 150	270360	37531 75	10439 96	25000 85	740878 100	117000 45	14100 51
Восстающие выработки (лифтовые восстающие, закладочные и закладочные восстающие): протяженность, м,	1131		180	50			320	310	714		186	2237
объем в проходке, м ³ , скорость проходки, м/мес.	5822 51,6		1800 45	48 64	9075 70		4099 52	3809 45	5000 67		1300 63,5	15660 78
Наклонные выработки (транспортные уклоны, спиральные съезды): протяженность, м,	3955	4776	497	5962		1995		403	439	3585		
объем в проходке, м ³ , скорость проходки, м/мес.	58763 70	85964 70	6660 90	112445 130		5835 92		4548 110	8001 90	61718 95		
Горно-подготовительные работы: горизонтальные выработки: протяженность, м,	12557		708,4	2775			18758	6416	14963	4918	6400	3960
объем в проходке, м ³ , скорость проходки, м/мес.	226191 242		8968 100	49945 105	42150 150		90445 104	65754 115	43766 105	122960 110	76900 105	47500 45
Восстающие выработки (блоковые, вентиляционные, материально-ходовые): протяженность, м,	50		120	692			2379	2875	2993			
объем в проходке, м ³ , скорость проходки, м/мес.	295 45		750 45	5910 65	3650 70		34433 45	31050 63,5	8753 65		1143 8000	680 4750

Особенное значение проблемы взрывной отбойки в горном деле обусловлено, прежде всего, все возрастающими объемами добычи полезных ископаемых, связанной с проведением горных выработок. В этих условиях даже относительно небольшое улучшение показателей взрывного разрушения пород, сокращение материальных и трудовых затрат на каждый метр проводимой горной выработки позволит получить весьма существенную экономию. Значительный прогресс в технике и технологии БВР, достигнутый в настоящее время, способствовал увеличению скорости проведения горных выработок и снижению трудоемкости отбойки горной массы на очистных и подготовительных работах. Но, тем не менее, решение задачи повышения скорости и темпа проведения горных выработок, а также повышения производительности труда рабочих требует дальнейших мер по коренному усовершенствованию техники и технологии БВР. Основным направлением технического прогресса на подземных горных работах, в том числе и при проходке горных выработок различного назначения, было и остается внедрение высокопроизводительного современного основного и вспомогательного самоходного оборудования, позволяющего осуществить комплексную механизацию всех операций проходческого цикла и обеспечивающего повышение производительности труда проходчиков в 3-4 раза и более по сравнению с предшествующим поколением – переносного оборудования. Но, вместе с тем приобретение предприятиями новых образцов высокопроизводительной техники для горнопроходческих работ увеличивает долю амортизационных отчислений из-за высокой их стоимости. В структуре затрат на добычу руды горно-капитальные и горно-подготовительные работы занимают 40-45% по трудоемкости и 15-35% по стоимости. Поэтому повышение эффективности горнопроходческих работ непосредственно приведет к снижению себестоимости добычи полезного ископаемого.

Другим не менее важным направлением совершенствования взрывных работ при проведении горных выработок являются процесс и метод управления энергией взрыва в целях повышения эффективности силы действия взрыва за счет максимального использования его энергии соразмерно расходу взрывчатых материалов и объему отбиваемых пород, исходя из их прочностных характеристик. Поэтому большинство широко применяемых ВВ изготавливают на местах их использования, что считается технически целесообразным и экономически выгодным, поскольку исключаются затраты на хранение и транспортировку от завода – изготовителя до места их потребления [7,8,12]. Кроме того, обеспечивается физическая стабильность ВВ,

которая обычно нарушается в результате хранения, транспортировки и даже во время заряжания, что снижает степень полезного использования энергии взрыва и удорожает её. Из-за снижения коэффициента полезного действия взрыва уменьшается и коэффициент использования шпура (КИШ) при прочих равных условиях, что снижает скорость и темп проведения выработки. А это значит, что с учетом общего объема ежегодно проводимых выработок различного назначения приводит к потере многих тысяч метров шпуров, скважин и наносит большой экономический ущерб горнорудной отрасли страны. При этом необходимо учитывать, что доля крепких и очень крепких горных пород с коэффициентом крепости 10-20 по шкале проф. М.М. Протодьяконова, в которых будут пройдены выработки в ближайшее время, превысит 60% от общего объема проходки.

Вполне закономерно, что главной задачей повышения эффективности взрывных работ в проходческих и очистных забоях, т.е. доминирующей в подземных условиях шпуровой отбойки, прежде всего, является достижение максимального значения КИШ и наибольшего продвижения (уходки) груди забоя выработки при минимальных материальных и трудовых затратах. Это реализуемо за счёт решения комплекса вопросов, связанных с управлением энергией взрыва, которое обусловлено основными факторами, как сохранение физической стабильности ВВ на всех стадиях, включая процесс заряжания и врубообразованием в частности [7,8]. Поэтому к управлению энергией взрыва необходимо подойти комплексно, решая задачи, связанные с обеспечением необходимых эксплуатационных свойств и характеристик ВВ, а также соответствующей врубовой полости и рациональных её параметров, позволяющих достижение наибольшего КИШ, что приобретает большую практическую значимость и актуальность, особенно с тенденцией увеличения глубины шпуров при проведении горных выработок.

При этом одним из главных условий повышения эффективности производства БВР, скорости и темпа проведения выработок является максимальное использование потенциальной технико-эксплуатационной возможности бурового оборудования с доведением глубины бурения шпуров до технологически возможного в зависимости от физико-технических характеристик горного массива, и площади поперечного сечения забоя выработки и применяемого типа ВВ, а также метода и схемы ведения работ в целом. В связи с этим совершенствование технологии и повышение эффективности взрывной отбойки, базирующиеся на развитии научно-технических основ управления энергией взрыва при проведении горных выработок, особенно в крепких породах на

больших глубинах является весьма актуальной задачей, имеющей как теоретическое, так и практическое значения в развитии буровзрывного комплекса в целом [9-15]. На современном этапе развития горнодобывающих предприятий буровзрывной комплекс характеризуется тем, что масштабы и объемы горнопроходческих и очистных работ из года в год неуклонно увеличиваются, в связи с этим параллельно совершенствуются и сами БВР. Всё это предъявляет высокие требования к научно-техническим разработкам, обеспечивающим горное производство и в части буровзрывных технологий. Неуклонное развитие комплекса буровзрывных работ, прежде всего, обусловлено с развивающимся уровнем науки и техники, а также вводом в эксплуатации все новых месторождений как с обычными, так и со сложными горно-геологическими, гидрогеологическими, геомеханическими условиями, требующими к ним комплексного научно-технически обоснованного подхода. Расширение объемов добычи полезных ископаемых и сокращение затрат на их вскрытие и подготовку несовместимо с устаревшими концепциями, заложенными в проектных решениях, которые противоречат современным технико-экономическим требованиям.

Кроме того, в настоящее время в связи с продолжающимся истощением из года в год основных балансовых запасов месторождений полезных ископаемых, а следовательно наращиванием темпов повторной отработки более бедных балансовых и забалансовых руд, оставленных в различных целиках, в обрушенных и других труднодоступных зонах полевая подготовка приобретает особое значение, так как она связана и сопровождается с проведением самых различных горных выработок. Например, только в корпорации «Казакмыс», как уже было отмечено осуществляется и планируется значительный объем горнопроходческих работ, направленных на обеспечение очистной добычи оставленных менее балансовых и забалансовых запасов руд в различных сложных горно-геологических условиях. Совершенствованию техники и технологии буровзрывных работ, следовательно, повышению их эффективности при проведении горных выработок в настоящее время посвящено большое количество работ [7,8,11-15]. В целом исследование буровзрывного комплекса, основанного на применявшихся ранее в горной промышленности типах взрывчатых веществ, схемах и методах ведения взрывного разрушения, а также имевшегося в эксплуатации в то время арсенала горной техники для бурения и зарядания шпуров (скважин) и инициирования в них зарядов ВВ, уборки взорванной горной массы, далеко не в полной мере соответствует нынешнему состоянию, когда рудники оснащены высокопроизводительной самоходной буровой, зарядной,

погрузочно-доставочной техникой и другим необходимым оборудованием, в том числе и вспомогательным. Кроме того используются самые эффективные современные мощные ВВ, получившие широкое распространение в других смежных областях, как строительство, гидросооружение, туннелестроение, метрополитен и др.

Нынешнее состояние и перспективы технического перевооружения горнопроходческих работ обуславливают дальнейшее развитие теории и практики ведения взрывных работ. Техническое перевооружение предприятий с целью повышения производительности на очистных (добычных) работах требует пересмотра основных концепций проведения и крепления горных выработок в части БВР и поддержания контура этих выработок. Анализ современного состояния горных работ на отечественных и зарубежных предприятиях показывает, что проходческие работы имеют большой удельный вес в общем балансе горных работ. В среднем они, как уже отмечалось, занимают порядка 40-45% по трудоемкости. Для своевременной подготовки запасов руды к выемке (добыче) требуется высокая скорость и большие объемы проведения горных выработок. Использование новой эффективной и высокопроизводительной техники позволило планомерно усовершенствовать параметры и технологию БВР в проходческих и очистных забоях. Так, например, глубина шпуров увеличена до 3,5-4,0 м при прямом призматическом врубе с не заряжаемыми компенсационными скважинами 89 и 105 мм с различной схемой расположения их во врубе [8]. Для инициирования зарядов применяют неэлектрическую систему «Эдилин», а в качестве ВВ – гранулит А6 собственного изготовления. Для заряжания шпуров же используют эффективные пневмозарядчики РПЗ-06, также разработанные одним из ведущих в Казахстане в области взрывного дела НПП «Интеррин», которым руководил Тамбиев Г. И., доктор технических наук.

В результате подвигание забоя за цикл увеличилось на полную глубину бурения шпуров, практически без образования или незначительными «стаканами», т.е. значительно повысился КИШ, достигая в среднем значения 0,90-0,95. Производительность, темпы и объемы проходки выработок различного назначения возросли 2,0-2,5 раза. В ближайшие годы большой объем выработок будут проходить на глубине 800-1000 м и более, при этом следует отметить, что с увеличением глубины повышается прочность пород, а в массиве горных пород, окружающих выработку формируется область с повышенной концентрацией объемного напряженного состояния, что в целом приводит к снижению устойчивости породного массива. Эти факторы обуславливают необходимость разработки научно-обоснованных методов

эффективного управления энергией взрыва при проведении выработок в крепких горных породах, особенно на значительных глубинах, что имеет не только научное значение, но и в большую практическую значимость, так как позволит повысить скорость и снизить стоимость проведения выработок и в целом рентабельность работы горнодобывающих предприятий.

Анализ и обобщение научно-технической информации по вопросам буровзрывного комплекса и взрывных технологии позволили выявить нынешний уровень и тенденции развития их в современных условиях горнорудной промышленности. В настоящее время благодаря научно-исследовательским, проектным и опытно-конструкторским, инженерно-изыскательским, экспериментально-производственным и опытно-промышленным работам получены обширные результаты, способствовавшие совершенствованию техники и технологий, а также развитию теории и практики взрывного дела, в том числе взрывной отбойки (разрушения) пород и руд в проходческих и очистных забоях. Достигнутые к настоящему времени научно-технические результаты в области БВР касаются разных направлений развития и совершенствования буровзрывного комплекса и в целом взрывного дела, основными из которых являются:

1) модифицирование существующих современных и разработка новых эффективных и безопасных рецептурных составов ВВ на основе пористой аммиачной селитры, эмульсионных и других химических реагентов с использованием невзрывчатых компонентов с изготовлением преимущественно на местах или по близости производства БВР в различном виде (рассыпном, патронированном, ампулированном, гранулированном, порошкообразном) предназначенных для механизированного пневматического заряжения шпуров и скважин на подземных и открытых горных работах;

2) изыскание и создание новых технических средств, оборудования, технологий, методов и способов ведения взрывных работ, повышающих эффективность и качество взрывной отбойки с учетом разнообразия горно-геологических и горнотехнических условий;

3) совершенствование уровня механизации буровзрывного комплекса, сопровождающееся с созданием горной техники нового поколения, обеспечивающей научно-технический, социальный и культурный уровень ведения горных работ;

4) автоматизированное и оперативно-компьютерное проектирование и оптимизация буровзрывных работ с разработкой их паспортов для проходки различных горных выработок, исходя из изменчивости горно-геологических условий по мере ведения работ;

5) решение и развитие многих теоретических вопросов взрывного разрушения, охватывающих различные аспекты взрывного дела как с сопутствующими опытно-экспериментальными работами в лабораторных, полигонных и натуральных (производственных) условиях, так и без них.

Таким образом, результаты современных проводимых в развитых странах мира и в Казахстане исследований, позволяют утверждать, что эти пять направлений считаются приоритетными в развитии буровзрывного комплекса. Но следует отметить, что все эти направления основываются на главном концептуальном вопросе, как принципы и методы управления энергией взрыва при разрушении твердых сред (горных пород). Поэтому разработка теоретических положений и развитие научно-технических основ управления действием взрыва за счет умелого и рационального распределения его энергии и максимально полезного использования этой энергии, на данное время является весьма актуальным вопросом в Казахстане.

В условиях горного производства, главной задачей взрывной отбойки, безусловно, является использование энергии взрыва соразмерно прочностным характеристикам разрушаемых горных пород. Однако на практике зачастую бывает так, что при значительных энергозатратах достигаются лишь невысокие показатели взрывного разрушения (отбойки). При этом основными причинами и источниками потери дешевой энергии взрыва следует считать, прежде всего, слабое использование знаний о теоретических положениях взрывного дела, как например, о характере и механизме взрывного разрушения крепких скальных горных пород зарядами ВВ. На современной стадии изученности явлений детонации и закономерности разрушения горных пород взрывом, может быть намечен целый ряд методов управления энергией взрыва, одним из которых является повышение работоспособности и эффективности врубов, за счет совершенствования их конструкций, максимально обеспечивающих использование всей силы энергии с повышением полезного её действия на окружающую разрушаемую среду. Исходя из этого, следует считать, что среди множества факторов, влияющих на показатели шпуровой отбойки, ключевым является качество вруба, обеспечивающее полное разрушение породы на всю глубину пробуренных шпуров и выброс раздробленной породной массы из места взрыва при прочих равных условиях. Как показывает практика ведения горных работ всё сказанное реализуется при использовании прямого призматического вруба, который по сравнению с другими многочисленными типами врубов наиболее полно отвечает требованиям, предъявляемым к

взрывному способу отбойки, благодаря своей работоспособности и возможности видоизменяться для адаптации к различным условиям. Но, несмотря на это исследования, посвященные конструкциям прямых врубов и характеру их работы в породах различной крепости показывают, что полный механизм работы взрывной энергии в шпурах прямых призматических врубов изучен еще недостаточно. В практике ведения взрывных работ имеется большое число примеров, когда в одних и тех же условиях выброс раздробленного материала из полости вруба не осуществлялся. В настоящее время исследованиями по определению параметров такого вруба и области его рационального применения занимаются многие ученые и специалисты.

Среди наиболее распространенных факторов, сдерживающих повышение эффективности БВР является недостаточный учет динамики изменчивости свойств и состояния массива, вследствие чего происходит не соответствие параметров БВР к этим условиям [9, 10]. Как известно, бывает так, что в пределах одного месторождения достаточно трудно найти, даже в одинаковых по составу породах, два участка с точно совпадающими свойствами. Поэтому ведётся предварительное изучение характеристик пород при воздействии на них взрывных нагрузок имеет первостепенное значение для расчёта параметров заложения зарядов ВВ и в целом проектирования паспортов БВР. Наиболее важным моментом при разработке паспортов БВР считается выбор соответствующего горно-геологическим условиям типа и конструкции вруба, который является одним из основных составляющих элементов этих паспортов. От выбранного вруба во многом зависят назначаемые параметры и получаемые в последующем показатели шпуровой отбойки.

Из анализа паспортов проходческих и очистных забоев и в целом техники и технологических параметров БВР на подземных Жезказганских, других отечественных и зарубежных рудниках [7-15] исходит, что условия ведения взрывной отбойки для получения наилучших стабильных результатов не всегда выполняются, вследствие чего не эффективно используется буровое оборудование и другая техника, снижается безопасность работ. Одной из главных тому причин, является то, что в гонке за уменьшением объема бурения, нагрузки на шпуровые заряды ВВ существенно возрастают, в результате чего снижается полезное действие взрыва. Другой причиной этого является то, что все шпуры взрываются без использования в них забоек. В результате такого ведения БВР превышение допустимой линии наименьшего сопротивления (ЛНС) приводит к неравномерной работе зарядов ВВ и как следствие неравномерному отрыву пород от массива.

Это является причиной отсутствия общей плоскости забоя, особенно на сопряжениях кровли и почвы с грудью забоя, где остаются не взорванные участки пород, которые создают опасные условия работ и требуют проведение не запланированных мероприятий, что связано с дополнительными затратами средств, времени и труда. Всё это в итоге снижает эффективность БВР и ухудшает показатели отбойки.

Как было отмечено, что здесь главным техническим фактором, снижающим эффективность БВР, является нерациональное использование бурового оборудования. Одним из основных требований, предъявляемых к буровзрывным технологиям на проходческих работах, является обеспечение заданного подвигания забоя выработки, исходя из технических потенциальных возможностей буровой техники и имеющегося ассортимента ВВ. В настоящее время на горных работах применяют мощные высокопроизводительные дорогостоящие буровые установки, которыми можно бурить шпуры диаметром от 40 до 70 мм и длиной 8 - 10 м, но на практике длина шпуров не превышает 4,0 м в основном из-за искривления, особенно при бурении горизонтальных шпуров (скважин), следовательно технико-эксплуатационные возможности бурового оборудования в полной мере не реализовываются. При этом подвигание забоя максимально составляет 3,2 – 3,5 м, т.е. КИШ не превышает 0,8 – 0,85 [9]. Увеличение длины шпуров и применение более мощных ВВ не дало ощутимых положительных результатов, из-за несовершенства применяемых конструкции врубов и зарядов ВВ, необоснованности диаметра, схемы и сетки расположения комплектов шпуров (врубных, вспомогательных, отбойных и оконтуривающих), нарушения схем и последовательности взрывания секций зарядов и других возможных параметров проходческого цикла, в результате не соответствия их к реальным горно-геологическим условиям и характеристикам массива.

Следует отметить, что при вскрытии и подготовке новых горизонтов или панелей, блоков горно-геологические условия могут значительно отличаться от условий и состояний рабочих забоев действующих горизонтов и выемочных участков. Большое разнообразие горно-геологических и горнотехнических факторов, влияющих на эффективность БВР при проведении выработок, требует тщательного изучения данного вопроса [9]. Как показывает многолетняя практика, даже самая передовая технология не всегда является эффективной для достижения наилучших результатов в каких-то конкретных определенных условиях. Это особенно остро проявляется при проведении выработок в крепких скальных породах на больших глубинах, где условия добычи руд усложняются по

мере понижения уровня горных работ и, прежде всего, с упрочнением пород и переходом их в запредельное состояние, характеризующееся значительным снижением устойчивости массива, вследствие возрастания горного давления, обводненности и т.д. Наряду с приведенными выше факторами, влияющими на показатели БВР, как в любой сфере жизнедеятельности людей, общества существует и человеческий фактор, который играет свою некоторую негативную роль, например, не вовремя подготовлен забой, оператор спешит обурить, потому что ждут крепильщики и взрывники. В действительности же всего этого можно избежать при технологии, которая работала бы на потоке безопасно и надежно, при этом человеческий фактор не влияет на ход работы.

Выводы. Анализируя и обобщая изложенное можно сделать ряд полезных выводов, необходимых для совершенствования параметров и технологий БВР и в целом развития БВК в горнорудной отрасли страны:

1. Одна из главных предпосылок повышения эффективности БВР – знание свойств и состояния горного массива и особенно границ его участков с различными прочностными характеристиками, уже претерпевшими некоторые изменения при сейсмике взрыва. Поэтому, установление характеристик состояния массива необходимо по мере удаления от поверхности отрыва вглубь забойного массива. Надлежащая подготовка забоя к следующему циклу взрыва должна включать корректировку и уточнение всех технологических параметров в паспортах БВР в каждом конкретном случае.

2. Схема взаимного расположения шпуров предопределяет направление взаимодействия шпуровых зарядов при их взрывании. Следовательно, выбирая конкретную схему взаимного расположения шпуров и расстояний между ними, необходимо исходить из возможности обеспечения наилучшего и наибольшего их взаимодействия. Шпуры должны взрываться таким образом, что после взрыва очередного шпурового заряда следующим взрывается только ближайший соседний шпур. Такая очередность взрывания обеспечит наилучший режим взрывного нагружения массива, эффективное его разрушение и максимально полный отрыв.

3. Одним из главных условий повышения эффективности производства БВР, скорости и темпа проведения выработок является максимальное использование потенциальной технико-эксплуатационной возможности бурового оборудования с доведением глубины бурения шпуров до технологически возможного в зависимости от физико-механических свойств и других характеристик горного массива, площа-

ди поперечного сечения (забоя) выработки и применяемого типа ВВ, а также метода и схемы ведения работ в целом.

4. Достижения желаемых результатов взрывной отбойки становятся недостаточными и исчерпываются самой физической природой вруба, т.е. происходит некоторое несоответствие параметров вруба к потенциальным техническим возможностям горно-проходческого оборудования, которое требует значительного фронта работ, что не может обеспечить прямой вруб со своим ограниченным компенсационным пространством для последующей отбойки породного или рудного призабойного массива. В результате недостаточности объема обнажения и свободных поверхностей, образуемых при прямом врубе, не обеспечивается эффективное использование дорогостоящей техники для обуривания забоя, следовательно, снижается производительность труда и скорость проходки выработки, что в конечном счёте приводит к повышению себестоимости добычи руды.

5. Исходя из изложенного возникает необходимость совершенствования конструкций и параметров применяемых врубов, в том числе и прямого вруба в целях достижения максимальной их работоспособности, удовлетворяющей условиям эффективного использования высокопроизводительной горной техники, как в проходческих, так и очистных забоях.

6. Для снижения влияния роли человеческого фактора необходимо разработать меры и минимизировать влияние данного фактора на показатели БВР в проходческих и очистных забоях.

Список литературы

1 *Битимбаев М. Ж., Шопашник Ю. Н., Крупник Л. А. и др.* Взрывное дело: учебник/ Ассоциация вузов РК.-Алматы: Print-S, 2012.-822 с., [Bitimbaev M. Zh., SHopashnik YU. N., Krupnik L. A. i dr. Vzryvnoe delo: uchebnik/ Assotsiyatsiya vuzov RK.-Almaty: Print-S, 2012.-822 s.]

2 *Кутузов Б. Н* Методы ведения взрывных работ: учебник для студентов. Ч.1. Разрушение горных пород взрывом/М.: изд. Горн. кн., 2018.-473 с., [Kutuzov B. N Metody vedeniya vzryvnykh работ: uchebnik dlya studentov. CH.1. Razrushenie gornykh porod vzryvom/М.: izd. Gorn. kn., 2018.-473 s.]

3 *Чеканов В. В., Полянкин А. Г., Горх Л.И.* Тенденции, проблемы и перспективы развития подземного строительства //Метро и тоннели. 2018.- №4.- С.2-8., [CHEkanov V. V., Polyankin A. G., Gorkh L.I. Tendentsii, problemy i perspektivy razvitiya podzemnogo stroitel'stva //Metro i tonelli. 2018.- №4.- S.2-8]

4 *Yin Wengang, Wang Hailiang, Hu Hongxing, Zhang Fugiang et al.* Study of tunnel controlled blasting technology and blast-induced damage zone of surrounding rocks./ Suidiao jianche=Tunnel Constr. 2018.38, №5, Pp. 851-856.

5 Yang Jihna, Zhu Shaobin, Yan Changbin, Miao Dong et al. Study of geological influencing factors on TBM tunneling efficiency based on extenics theory. / Suidiao jianshe=Tunnel Constr. 2018. 38, №5, Pp. 782-789.

6 Dwivedi P. D., Goel R. K., Singh M., Viladkar M. N. et al. Prediction of Ground Behaviour for Rock Tunneling. / Rock Mech. and Rock Eng. 2019. 52, №4, Pp. 1165-1177.

7 Тамбиев Г. И., Ольшанский Е. Н. Развитие производства промышленных ВВ и их применение в НПП «Интеррин». / Научно-техн. сб. «Взрывное дело». 2007.-№98/55.- С. 192-203., [Tambiev G. I., Ol'shanskij E. N. Razvitiye proizvodstva promyshlennykh VV i ikh primeneniye v NPP «Interrin». / Nauchno-tekhn. sb. «Vzryvnoye delo». 2007.-№98/55.- S. 192-203..]

8 Тамбиев Г. И., Магзумов Т. М. Испытания гранулита А6 на подземных работах в условиях Жезказганского месторождения. // Горный журнал Казахстана, 2010.- №11.-С.16-21, [Tambiev G. I., Magzumov T. M. Ispytaniya granulita A6 na podzemnykh rabotakh v usloviyakh ZHezkazganskogo mestorozhdeniya. // Gornyj zhurnal Kazakhstana, 2010.- №11.-S.16-21]

9 Нурлыбаев Р. О. Проблемные вопросы взрывной отбойки на подземных работах и некоторые пути их решения. / Сб. науч. трудов ИГД им. Д. А. Кунаева. // Научно-техническое обеспечение горного производства.- Алматы, 2010.- Т. 80.-С.13-17., [Nurlybaev R. O. Problemnyye voprosy vzryvnoj otbojki na podzemnykh rabotakh i nekotorye puti ikh resheniya. / Sb. nauch. trudov IGD im. D. A. Kunaeva. // Nauchno-tehnicheskoye obespecheniye gornogo proizvodstva.- Almaty, 2010.- T. 80.-S.13-17..]

10 Нурлыбаев Р. О. Анализ паспортов буровзрывных работ проходческих и очистных забоев в условиях Жезказганского месторождения и повышение эффективности шпуровой отбойки. / Сб. науч. трудов ИГД им. Д. А. Кунаева. // Научно-техническое обеспечение горного производства.- Алматы, 2011, Т. 81.-С.61-69., [Nurlybaev R. O. Analiz pasportov burovzryvnykh rabot prokhdcheskikh i ochistnykh zaboev v usloviyakh ZHezkazganskogo mestorozhdeniya i povysheniye ehffektivnosti shpurovoj otbojki. / Sb. nauch. trudov IGD im. D. A. Kunaeva. // Nauchno-tehnicheskoye obespecheniye gornogo proizvodstva.- Almaty, 2011, T. 81.-S.61-69.,]

11 Нурлыбаев Р. О. Состояние и развитие буровзрывного комплекса в современных условиях горной промышленности. / Сб. науч. трудов ИГД им. Д. А. Кунаева. // Научно-техническое обеспечение горного производства.- Алматы, 2011.- Т. 81.-С.70-76., [Nurlybaev R. O. Sostoyaniye i razvitiye burovzryvnogo kompleksa v sovremennykh usloviyakh gornoj promyshlennosti. / Sb. nauch. trudov IGD im. D. A. Kunaeva. // Nauchno-tehnicheskoye obespecheniye gornogo proizvodstva.- Almaty, 2011.- T. 81.-S.70-76.,]

12 Лященко В. И., Галик В. И., Комощенко В. И., Небогин В. З. Повышение эффективности производства взрывных работ с помощью эмульсионных ВВ на шахтах. // Научно-техн. сб. «Взрывное дело». 2018-№76.- С. 143-163., [Lyashenko V. I., Galik V. I., Komoshhenko V. I., Nebogin V. Z. Povysheniye ehffektivnosti proizvodstva vzryvnykh rabot s pomoshh'yu

ehmul'sionnykh VV na shakhtakh. //Nauchno-tekhn. sb. «Vzryvnoe delo». 2018.- №76.- S. 143-163]

13 *Старшинов А. В., Жамьян Ж., Гильманов Р. А., Мозговой В. Г.* и др. Современные средства взрывания и возможности оценки их эффективности в полигонных условиях. //Горная промышленность. 2019.- №1- С. 66-73., [Starshinov A. V., ZHam'yan ZH., Gil'manov R. A., Mozgovoij V. G. i dr. Sovremennye sredstva vzryvaniya i vozmozhnosti otsenki ikh ehffektivnosti v poligonnykh usloviyakh. //Gornaya promyshlennost'. 2019.- №1- S. 66-73.]

14 *Silva Jhon, Li Lifeng, Gernand Jeremy.* M Reliability analysis for mine blast performance based on delay tyne and firing time. / Int. J. Mining Sci and Technol. 2018.- 28, №-, P. 195-204.

15 *Гожин Д. А., Евдокимов А. Г., Кочанов А. Н.* Анализ параметров БВР при сооружении подземных горных выработок // 3 конф. Международной научной школы академика К. Н. Трубецкого «Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр», Москва, 25-29 июня, ИП-КОН РАН. М, 2018.- С. 181-184., [Gozhin D. A., Evdokimov A. G., Kochanov A. N. Analiz parametrov BVR pri sooruzhenii podzemnykh gornykh vyrabotok // 3 konf. Mezhdunarodnoj nauchnoj shkoly akademika K. N. Trubetskogo «Problemy i perspektivy kompleksnogo osvoeniya i sokhraneniya zemnykh neдр», Moskva, 25-29 iyunya, IPKON RAN. M, 2018.- S. 181-184.,]

Нурлыбаев Р.О., кандидат технических наук,
e-mail: Nurlybayev.Rymbek@mail.ru