

В.М.ЗАКАЛИНСКИЙ, Н.Н.КАЗАКОВ, Ю.П.ГАЛЧЕНКО
Институт проблем комплексного освоения недр РАН,
Москва, Россия

О ПОДХОДАХ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КПД ВЗРЫВА В ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Как известно, внешние показатели разработки месторождений полезных ископаемых (геология, требования к конечным технологическим показателям и т.д.) постоянно усложняются.

В то же время в современной практике горного производства важнейшую роль играют процессы разрушения как основа добычи полезных ископаемых, а основным средством, лежащим во главе всех геотехнологий добычи твердых полезных ископаемых, является энергия взрыва. Она имеет цену и свои внутренние возможности управления.

В рыночной экономике цель – обеспечение внешних показателей при минимизации затрат. Поэтому для оптимизации комбинаций технических решений по отбойке нужен показатель, отражающий уровень полезного использования потенциальной энергии ВВ как основного средства решения первоначальных горных задач, – коэффициент полезного действия взрыва. Он представляет собой отношение энергии, которая была затрачена на полезную с точки зрения геотехнологии работу, к потенциальной химической энергии заряда (или зарядов):

$$K = E_{\Gamma} / E_{\text{п.х}} .$$

При закупке ВВ средства затрачиваются на полную энергию, а КПД составляет 1-5 %. Одним из путей повышения КПД является снижение внутренних потерь химической энергии за счет выбора составов ВВ. При разработке новых ВВ, однако, в этом деле достигнут некоторый предел. В этой связи определенный интерес представляет получение практических оценок перераспределения баланса энергии взрыва заряда ВВ с учетом параметров отбойки и технологических к ней требований.

В настоящее время нет объективной количественной оценки и методов определения доли энергии разветвляющихся потоков взрыва скважинного заряда в реальной обстановке в условиях, когда различные горные технологии предъявляют к действию взрыва самые разнообразные, порой противоречивые требования. В теоретическом плане это может привести к переосмыслению и переоценке понятия коэффициент полезного действия взрыва.

До настоящего времени этот термин фиксировал экспериментально установленный баланс энергии при взрыве камуфлетного заряда сферической формы, который распределяется следующим образом, %: на сейсмическую волну – 0-1; на упругие деформации – 3-5; на дробление и вновь образованную поверхность – 1-5; на пластические деформации и переизмельчение в ближней зоне – 50 –70; на продукты взрыва, газы – 20-50. Таким образом, доля энергии

взрыва камуфлетного сферического заряда на полезную для горняков работу составляет всего 1-5 % общей энергии взрыва. Это значение принято считать за КПД взрыва, обычно его распространяют на все случаи взрывания.

В идейном плане отход от такого «статического» в смысле неизбежности этих 1-5 % положения дел может быть осуществлен путем целенаправленного управления потоками энергии единичного заряда, взрываемого вблизи свободной поверхности, за счет: конструкции заряда (рассредоточенные, комбинированные, с воздушными и инертными промежутками, с измененной геометрией полости заряда), геометрии расположения параллельно-сближенных зарядов в группе, наклонных скважин, порядка инициирования зарядов внутри скважины, существенно изменяющих вид воздействия взрыва на массив. При таком подходе к механизму оценки баланса потоков энергии при взрыве в реальном блоке вблизи свободной поверхности можно значительно расширить диапазон значений и повысить КПД взрыва в широком (технологическом) понимании этого термина.

Простая констатация того факта, что коэффициент полезного механического действия, т.е. отношение полезной механической работы (работа дробления и выброса) к начальной энергии*, составляет всего 1-5 %, никак не стимулирует появление новых знаний. Например, если значение КПД по одной методике оценивалось условно в 70 %, а по другой в 80 %, а взрыв при этом оставался одним и тем же, то в практическом плане из этого ничего не следовало.

Нами предлагается новая концепция в оценке КПД взрыва, которая основывается, опирается на его технологическую направленность, определяя КПД в качестве целевой функции от разнообразных требований к взрыву со стороны горных технологий. В количественном отношении новым элементом у нас является то, что классические 1-5 % полезного использования взрыва принимаются за 100 % и далее речь идет о полезном в технологическом понимании их использовании и распределении. Предлагаемая концепция выражается следующим образом:

$$\eta_{\text{физ}} = E_1 / E_2 \approx 1 \div 5 \%;$$
$$\eta_{\text{тех}} = E_3 / \eta_{\text{физ}} = E_3 E_2 / E_1 \approx 5 \div 80 \%,$$

где E_1 – полезная механическая работа; E_2 – полная работа взрыва; E_3 – работа, затраченная на технологически полезную деятельность.

Горные технологии предъявляют к взрыву такие требования, для удовлетворения которых, с одной стороны, необходимо решить задачи, связанные с технологически обусловленным распределением энергии внутри отбиваемого массива при минимальных удельном расходе этой энергии (удельном расходе ВВ), расходе бурения и затратах на отбойку. С другой стороны, этим требованиям должно отвечать такое распределение энергии в пространстве, при котором разрушение не выходит за контуры, определенные технологическими параметрами горно-технического объекта.

Проанализированные нами современные способы управления потоками энергии взрыва единичного заряда выявили, что наибольшей возможностью обладает конструкция скважинного заряда в виде пучка (группы) параллельно-сближенных скважинных зарядов.** Такая конструкция позволяет относительно просто задавать технологическую направленность потоку энергии сближенных зарядов, перераспределяя энергию на разные цели. Это в принципе невозможно при взрыве обычного одинарного скважинного заряда, где действие взрыва симметрично. Управляя, таким образом, действием взрыва, мы «управляем» его КПД. С другой стороны, при любом взрыве скважинного заряда первичное распределение энергии обусловлено «внутренними» свойствами ВВ, а характер последующего распределения зависит от типа горных пород и технологических задач. При этом в разных задачах в зависимости от целей могут в той

* Беляев А.Ф. О природе фугасного и бризантного действия взрыва / А.Ф.Беляев, М.А.Садовский // Физика взрыва. М.: Изд-во АН СССР. 1952. С.3-19.

** Галченко Ю.П. Отбойка сближенными зарядами – новые идеи и перспективы / Ю.П.Галченко, В.М.Закалинский // Горный вестник. 1999. № 2-3. С.35-40.

или иной степени использоваться различные стороны взрыва. Соединяя, применительно к КПД взрыва, в одной цели процесс управления потоками энергии единичного заряда с требованием к взрыву решать разнообразные задачи геотехнологий, приходим к гипотезе о необходимости иметь при массовой отбойке несколько КПД процессов, связанных со взрывными работами, которые в сумме формируют КПД взрывного комплекса. Следовательно, речь идет не об одном в традиционном понимании термина КПД взрыва, а о КПД процессов. При таком подходе, например, процесс бурения как бесполезная с точки зрения традиционного представления о КПД взрыва работа определяется как положительная, вносящая свой вклад в будущую интегральную оценку результатов взрыва по всему комплексу. В этом смысле, возможно, бóльший акцент придется сделать не на сам взрыв как таковой, а на процесс бурения, ибо там рождается будущее качество дробления. Можно даже представить, что если в блоке бурить скважины через 0,2 м друг от друга, то независимо от типа ВВ негабарита физически не будет. Отсюда следует, вообще говоря, что все возможности управления дроблением лежат в области бурения и создания на базе бурения конструкций обычных зарядов, например, типа параллельно-сближенных. Здесь же, при бурении и при зарядании, образуется основная масса пыли, что также должно учитываться при анализе КПД буровзрывного комплекса. Перемещение же горной массы и ее дробление при этом связано только с энергией взрыва и никак не зависит от скорости бурения. Такой анализ буровзрывного комплекса через технологии и процессы можно было бы продолжить. Он позволяет подойти к КПД взрыва и изысканию методов оценки как к многоцелевой функции.

Следовательно, критериями эффективности управления действием взрыва могут быть отношения известных конкретных фактических показателей по каждому технологическому процессу к результирующему (проектному) параметру. Имея такие локальные отношения (коэффициенты, критерии) по отдельным процессам и операциям буровзрывного комплекса, в сумме получим оценку эффективности, которая отражает интегральный КПД взрыва. При этом в каждом отдельном технологическом процессе выявляются управляемые и зависимые (результатирующие) параметры. Задавая в оптимальном диапазоне управляемым (независимым) параметрам различные значения исходя из интегрального КПД взрыва, можно влиять на результативность (эффективность) работы комплекса.

В свою очередь, указанные соотношения могут определяться по отдельным технологическим процессам самостоятельно. Например, по такому процессу, как проходка выработок в целом, макрокритерий эффективности управления может включать микрокритерии показателей отдельных технологических операций (гладкость стенок, характеристика гранулометрического состава, скорость проходки, стоимость и эффективность используемого типа ВВ и т.д.). По каждой из этих позиций определяются отношения фактических показателей к результирующим (проектным), устанавливаемым по известным или задаваемым методикам. В сумме получается критерий эффективности управления проходкой выработок. Таким же образом можно оценить эффективность управления и другими (остальными) технологическими процессами, входящими в буровзрывной комплекс, включая отгрузку горной массы. В целом по комплексу это должно быть отражением, или функцией, КПД взрыва. Указанные теоретические предпосылки

математически в первом приближении при $\sum_{i=1}^n P_i = 1$ можно представить следующей зависимостью:

$$\eta_n = \eta_c \sum_{i=1}^n \left[1 + \left(\frac{\Phi_i^c - \Pi_i^c}{\Pi_i^c} \right) P_i \right] / \left[1 + \left(\left(\frac{\Phi_i^H - \Pi_i^H}{\Pi_i^H} \right) P_i \right) \right],$$

где η_c – КПД взрыва в «классическом» (старом) понимании как коэффициент полезного механического действия взрыва, равный 1-5 %; η_n – то же, но в расширенном («новом») понимании, бóльший 1-5 %; Φ_i^c, Π_i^c – фактические и проектные параметры или показатели отдельных технологических процессов буровзрывного комплекса при «старой» или исходной конструкции

скважинного заряда; Φ_i^c, P_i^c – то же, но при «новой», другой или усовершенствованной конструкции заряда; i – относительный вес технологического процесса; P – количество технологических процессов или операций.

Поскольку отклонения проектных показателей от фактических предполагаются большими при «старой» конструкции заряда или технологии, чем при «новой» (в этом заключен смысл увеличения КПД взрыва), член в круглых скобках в числителе будет больше соответствующего члена в знаменателе и значение величины в квадратных скобках будет больше единицы.

Из анализа формулы видно, что в предельном случае, когда эффект от применения новой конструкции заряда не достигается, значение коэффициента полезного действия взрыва также не изменяется, т.е. $\eta_n = \eta_c$. В остальных случаях, если не ставится цель снизить коэффициент, его значение растет, т.е. $\eta_n \geq \eta_c$. При этом в одних и тех же технологических процессах и операциях при разных конструкциях скважинных зарядов, взрывааемых вблизи обнаженных поверхностей, увеличение η_n , по сравнению с η_c , характеризует соответствующую степень прогресса.

Выводы

1. Методы и критерии оценки эффективности использования энергии взрывчатых веществ при освоении недр должны отражать геотехнологические особенности их применения и строиться на основе соотношения фактических показателей отбойки в рамках реальных технологических процессов.

2. Необходимо создавать действенные методы повышения доли энергии взрыва, затрачиваемой на технологически значимые результаты, и методику их количественной оценки.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка теории управления энергией взрыва при массовом разрушении руд и пород совокупным воздействием групп параллельно-сближенных зарядов в подземных условиях», финансируемого Российским фондом фундаментальных исследований по гранту № 00-05-64126.