

АСИММЕТРИЧНОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИМПУЛЬСА ВЗРЫВА

В статье выполнено теоретическое обоснование формы рефракторов для шпуров щелевого вруба и оконтуривающих, располагаемых в зарядах ВВ для повышения эффективности взрывных работ за счет асимметричного перераспределения импульса взрыва из осевого направления в радиальное.

Состояние взрывных технологий в горном деле требует качественно нового уровня использования энергии взрыва. Данные межведомственной ассоциации «Укрвзрывпром» об объемах производства и расхода взрывчатых материалов свидетельствуют, что общий расход ВВ в горнорудной промышленности Украины в 2006 году достиг 85465,7 т. В угольной промышленности он превышает 5 тыс.т. С учетом потребления ВВ предприятиями нерудной промышленности (при добыче щебня, гипса, гранита) общее потребление ВВ в Украине превышает 100 тыс.т в год.

При этом объемы использования промышленных ВВ составляют около 56%, ВВ местного приготовления – 43%, а использование конверсионных ВВ – 1%. В настоящее время использование горными предприятиями ВВ собственного приготовления, в составе которых совсем отсутствует или существенно уменьшено содержание самого опасного компонента – тротила – постоянно возрастает. Аналогичная картина наблюдается в России и США, где на местах изготавливается 62% и 82,1% ВВ, соответственно [1]. Однако бестротиловые ВВ являются менее мощными и обладают более низкой детонационной способностью, поэтому необходимы новые технические решения, компенсирующие эти факторы.

Целью работы явилось повышение эффективности взрывания шпуровых зарядов за счет управления импульсом взрыва.

Для достижения поставленной цели во взрывной камере ДонНТУ были проведены исследования с применением скоростного фоторегистра СФР-2, которые позволили установить, что при взрыве патрона ВВ продукты детона-

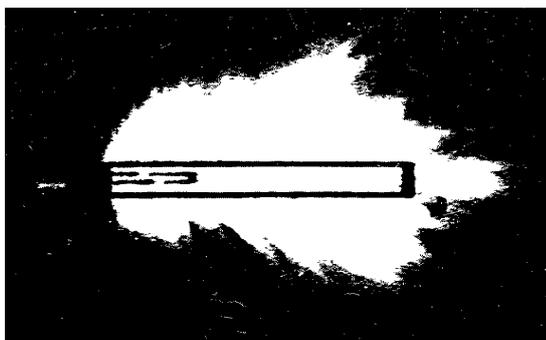


Рис. 1. Распределение продуктов детонации при взрыве патрона ВВ

ции распространились в нескольких направлениях. При этом их большая часть (около 90%) была направлена под углом примерно 75...80° к продольной оси патрона ВВ, а оставшая часть (около 10%) - вдоль оси патрона (рис.1). При некачественной забойке эта часть газов взрыва отражается от дна шпура, увлекает за собой часть газов, направленных в стенки шпура и выталкивает забойку. Шпуры "стреляют". При

нормальном качестве забойки продукты взрыва, распространяющиеся вдоль оси, рассеиваются в горном массиве. При этом глубина «стаканов» тем больше, чем выше прочность породы.

Идея работы заключается в применении в шпуровом заряде рефрактора – устройства для преломления/искривления ударных волн (УВ) и продуктов детонации (ПД), позволяющего изменить направление движения части продуктов взрыва из осевого в радиальное.

Обоснование рациональных параметров рефракторов произведено с использованием положений технической газодинамики [2].

При обтекании тела газом с большой сверхзвуковой скоростью оно оказывает сопротивление. Возникновение сопротивления обусловлено необратимым ростом энтропии в УВ, образующихся при обтекании тела. Чем большее возмущение вызывает тело в газе, тем интенсивнее УВ и тем больше оказываемое сопротивление. Поэтому при сверхзвуковой скорости сопротивление, испытываемое телом, существенным образом зависит от его формы. Аэродинамически совершенной формой, т.е. формой с относительно малым давлением при обтекании потоком с гиперзвуковой скоростью, является тело, нормаль к поверхности которого мало отклоняется от плоскости, перпендикулярной к направлению движения. Таким является тонкое тело с заостренной головной частью.

Поскольку модифицированные рефракторы [3] выполняют осесимметричное перераспределение продуктов взрыва, их целесообразно применять во вспомогательных шпурах. В шпурах щелевого вруба и оконтуривающих энергию взрыва следует направлять строго в заданном направлении. Для этой цели разработана конструкция рефрактора для шпуров щелевого вруба [4], вид которого приведен на рис.2. Для обоснования его



Рис. 2. Рефрактор для шпуров щелевого вруба

формы выполнен анализ и установлены закономерности обтекания плоской пластины (хвостовой части) потоком газа, движущимся с гиперзвуковой скоростью. Торце хвостовой части закруглен. Разворотом продуктов взрыва управляют боковые криволинейные поверхности сопряжения пластины с нижней цилиндрической частью. Наличие нижнего цилиндра обусловлено необходимостью устойчивости рефрактора в горизонтальных и наклонных шпурах. Для правильного расположения рефрактора в шпуре в его хвостовой части на 5...6 мм пропиливается углубление толщиной 2...3 мм, в которое вставляется «жало» (плоская пластина из цветного металла, не дающего искры), надеваемое на забойник. Шпуровой заряд работает следующим образом. При взрыве детонатора детонационная волна по патронам ВВ распространяется в направлении дна шпура. УВ и

ПД, перемещающиеся в направлении дна шпура, встречая рабочую поверхность рефрактора, изменяют форму потока и направление перемещения. ПД из потока цилиндрической формы, движущегося вдоль оси шпура, переходят в два потока плоской формы, направления движения которых относительно первоначального направления изменяются на 90°. Перемещаются они в противоположном направлении от плоскости, проходящей через оси комплекта шпуров щелевого вруба. При этом энергия продуктов детонации будет направлена на выполнение полезной работы по подрезанию породного массива в придонной части шпуров. Это обеспечивает величину коэффициента использования шпуров, близкую к 1.

Для определения влияния данного рефрактора на перераспределение импульса взрыва были проведены эксперименты при его различном расположении относительно баллистического маятника, результаты которых приведены в табл.1.

Таблица 1

Значения импульсов взрыва при различных положениях рефрактора

Положение рефрактора	Направление распространения УВ и ПД	Обозначение импульса	Отклонение маятника, мм	Значение импульса, Н·с
Горизонтальное	осевое	I''	35	9,52
Вертикальное, криволинейной частью к носку маятника	радиальное	I_1^\perp	62	16,86
Вертикальное, прямолинейной частью к носку маятника	радиальное	I_2^\perp	57	15,50

При взрывании заряда ВВ без рефрактора отклонение баллистического маятника составило 48 мм. Анализ результатов экспериментов показывает, что применение рефрактора разработанной конструкции в шпурах щелевого вруба увеличивает радиальный импульс на 29,2% и уменьшает осевой на 27,1% по сравнению с зарядом без рефрактора.

Для придания проводимой выработке формы, соответствующей проектной, обеспечения минимальных переборов породы и сохранения законтурного массива необходимо выполнять перераспределение осевого импульса в радиальный не во всех направлениях, а лишь в строго заданном. Для этих целей в оконтуривающих шпурах целесообразно применять рефрактор, изображенный на рис.3. Предложено выполнять его в виде пространственной конструкции, образованной пересечением боковой поверхности основного цилиндра другим (секущим). Ось секущего цилиндра

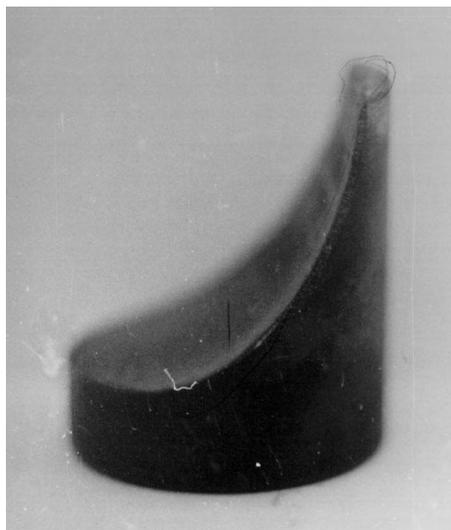


Рис.3. Рефрактор для оконтуривающих шпуров

в хвостовой части пропил, в который вводится «жало» забойника.

Результаты экспериментов с применением рефракторов для оконтуривающих шпуров сведены в табл.2.

Таблица 2

Отклонения баллистического маятника при различных положениях рефрактора для оконтуривающих шпуров

Положение рефрактора относительно баллистического маятника	Угол поворота рефрактора к носку маятника, α , град.	Отклонение маятника, мм
Горизонтальное	-	25
Без рефрактора	-	48
Вертикальное, криволинейной частью к носку маятника	0	60
Вертикальное, боковой частью к носку маятника	90	43
Вертикальное, прямолинейной частью к носку маятника	180	40

Анализ результатов экспериментов показывает, что наличие рефрактора оказывает существенное влияние на величину отклонения баллистического маятника. Осевой импульс при этом уменьшается на 47,9%. Максимальное значение радиального импульса достигается при вертикальном расположении рефрактора криволинейной частью к носку баллистического маятника, т.е. во внутрь контура выработки. Воздействие на внутриконтурный массив будет на

перпендикулярна оси основного. При этом торец одного цилиндра, обращенный ко дну шпура, плоский. Боковая поверхность рефрактора имеет плавный профиль, что обеспечивает постепенное сужение потока ПД и его разворот строго в радиальном направлении от оси заряда. При этом цилиндрическая форма потока продуктов взрыва меняется на плоскую, распространяющуюся не во всех направлениях, а лишь в заданном, т.е. во внутрь контура проводимой выработки. Поток газов взрыва подрезает породный массив в придонной части шпура. Для введения рефрактора в шпур в заданном положении целесообразно, как и в предыду-

25% большее, чем при отсутствии рефрактора. При этом радиальный импульс, воздействующий на законтурный массив, будет в 1,5 раза меньшим, чем во внутрь контура, и на 16,7% меньшим, чем при отсутствии рефрактора.

Для производства рефракторов был выбран материал и разработана технология их изготовления. Рефракторы изготавливались в свинцовой матрице, состоящей из корпуса и плунжера. Испытывались составы из: цементного теста с добавлением различных присадок; измельченной горелой породы с террикона с добавлением цемента (цемента и воды); влажной глины; связующих материалов (гипс, алебастр) с добавлением воды. При проведении испытаний на прочность лучшие результаты показали образцы, изготовленные из алебаstra (гипса) с добавлением воды.

Таким образом, использование рефрактора в шпурах щелевого вруба позволяет увеличить расстояние между ними на 25-30% за счет того, что продукты взрыва, изменив свое направление, устремляются навстречу друг другу. Это положительно сказывается на отрыве породы от массива и ее дроблении. Наряду с увеличением расстояния между шпурами уменьшается их число, что снижает объем буровых работ и сокращает удельный расход ВВ. Применение рефракторов для оконтуривающих шпуров также оказывает существенное влияние на величину радиального импульса, увеличивая соответствующее ему отклонение баллистического маятника в 1,25 раза. При этом большая часть энергии взрыва направляется на совершение полезной работы по отрыву обуренной части забоя от породного массива, а не затрачивается на его бесполезное сотрясение.

Список литературы

1. *Викторов С.Д., Закалинский В.М.* Перспективы развития взрывного разрушения горных пород на горных предприятиях // Взрывное дело. – М.: ЗАО «МВК по взрывному делу», 2007. – Вып. № 97/54. - С. 18-25.

2. *Дейч М.Е.* Техническая газодинамика. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1974.–С.281.

3. *Шкуматов А.Н., Калякин С.А.* Перераспределение импульса взрыва при помощи рефракторов // Взрывное дело. – М.: ЗАО «МВК по взрывному делу», 2007. – Вып. № 98/55. - С. 120-128.

4. Положительное решение по заявке №4601032/03/153659 СССР, МКИ 5 E 21 C 37/00. Шпуровой заряд / *А.Г. Гудзь, А.Н. Шкуматов* и др. (СССР) – от 2.11.88.

5. Руководство по совершенствованию взрывных работ при проведении горных выработок и разделке сопряжений на шахтах ПО Донецкуголь / *А.Н. Шкуматов, И.В. Антипов.* – Донецк, 2000. – 44 с.