

УДК 622.831.322

М.А. Розенбаум, С.А. Антонюк

### К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФАКТИЧЕСКОЙ ГЛУБИНЫ РАЗРУШЕНИЯ В СЛУЧАЕ ГОРНОГО УДАРА

Прогнозное определение видимой глубины разрушения породного массива вокруг горных выработок в случае возникновения горного удара являются важной научно-технической задачей, позволяющей определять по условиям безопасности параметры проводимых выработок, выбирать наиболее эффективные для рассматриваемых условий схемы подготовки выемочных участков, типы и параметры крепи, а также параметры защитной зоны, задаваемой в краевой части пласта для приведения выработок в неудароопасное состояние.

Необходимые исследования по решению данного вопроса проводились в шахтных условиях при расследовании горных ударов, произошедших в горных выработках на шахтах Баренцбургского угольного месторождения ГП «Государственный трест «Арктикуголь» и на шахте «Северная» ОАО «Воркутауголь». Кроме этого к анализу привлекались материалы других исследований изложенных в каталоге горных ударов [1], а также в литературных и фондовых источниках [2, 3].

При проведении исследований в шахтных условиях отмечались: шахта, выработка, в которой

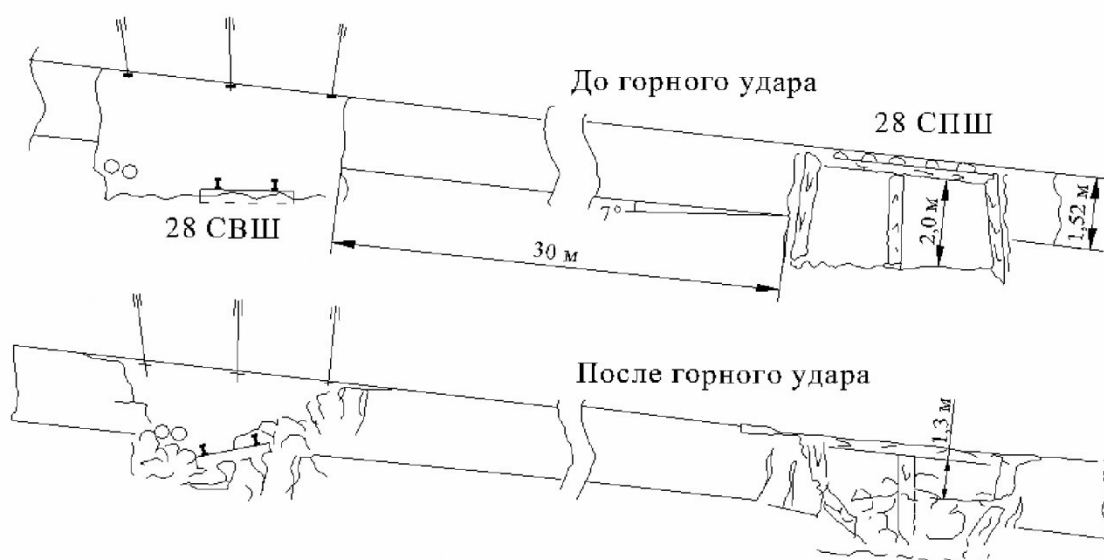


Рис.1. Эскиз места проявления горного удара в целике у 28-ого северного вентиляционного штрека

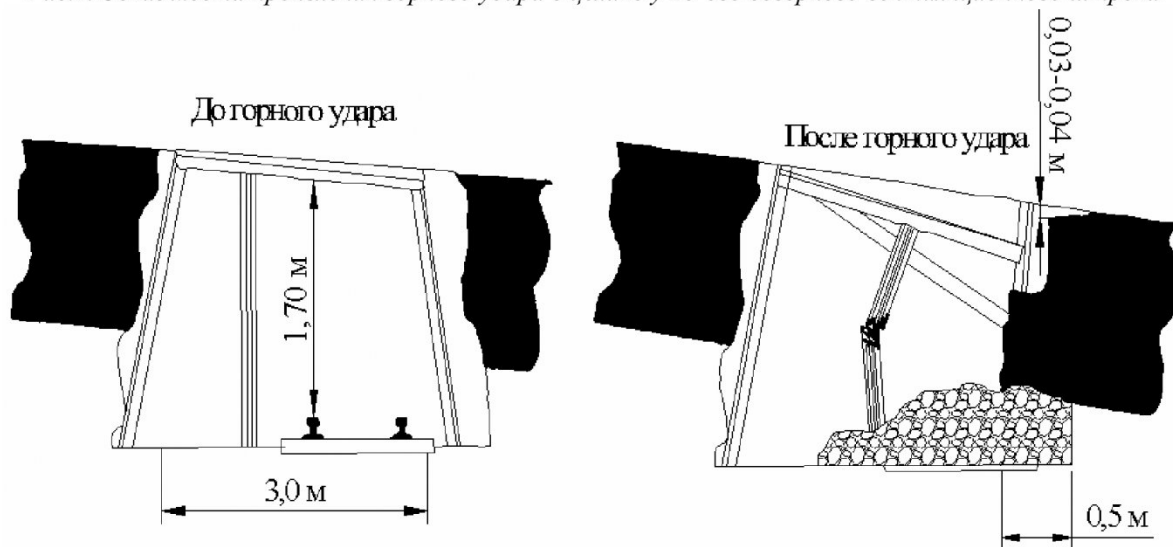


Рис.2. Характер проявления горного удара

произошел горный удар, пласт, фиксировались видимые разрушения крепи, кровли, угольного массива, отмечалась высота вывалов из кровли и разрушения бортов выработки, измерялась протяженность участка видимых разрушений по длине выработки.

Кроме визуально видимых разрушений массива (которые, как правило, приводятся во всех известных источниках) измерялись: фактическая глубина разрушения, сведения о которой в технической литературе практически отсутствуют.

Фактическая глубина разрушения определялась путем бурения шпуров в массив за пределы видимого разрушения или путем проведения специальной выработки в сторону разрушенного массива. Длина разрушенной части массива определялась по состоянию угольного массива в случае проведения выработки или по виду штыба при бурении. Уголь, раздавленный в зоне разрушения, представлял собой мелкозернистое сыпучее тело, огражденное кровлей, почвой и неразрушенным массивом, а со стороны выработки крепью и более прочным разрушенным углем.

Измерения длины разведочной выработки или длины штанги при бурении измерялись рулеткой ВНИМИ с точностью измерения  $\pm 0,5$  мм. Шпуров бурили составными штангами, коронка диаметром 42 мм, длина шпуров составляла от 2,5 до 10 м. Выработку в разрушенный массив проводили комбайном ПКТС сечением 6,0-6,5 м<sup>2</sup>. Крепление выработки осуществляли деревянными рамами – неполный дверной оклад с затяжкой болтов. Расстояние между рамами крепи – 0,3 м. Одновременно производились характерные зарисовки, фотографирования участков выработок, разру-

шенных в результате горного удара.

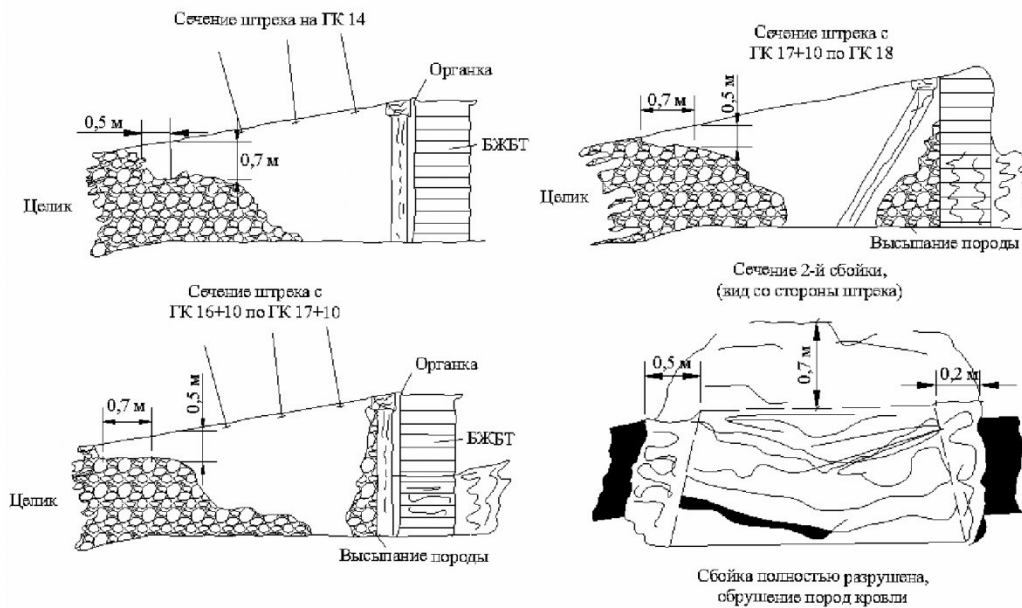
Обработка лав пласта «Верхний» в Баренцбургском месторождении, осуществлялась длинными столбами по простиранию, поддержание выработок с помощью охранных целиков шириной 30-35 м. Глубина горных работ 590-600 м.

Первое динамическое явление в охранный целике 28 северной лавы классифицировано как горный удар, произошло при отходе очистного забоя этой лавы на расстоянии 170-180 м от монтажной камеры ранее отработанной 28-бис северной лавы.

В результате удара на протяжении 32 м от сопряжения 28 северной лавы с 28СПШ произошел отжим угля с боков выработок. При этом произошло нарушение крепления выработки на этом участке. На 28СВШ при ударе произошел выброс с боков выработки на 0,5-1,5 м и вздутие почвы на 0,3-0,5 м на протяжении 50 м от 28 СМК в сторону вентиляционного уклона. В лаве в момент удара, в 7 м от верхнего сопряжения произошел вывал породы кровли на высоту 0,5 м на протяжении 8 м (рис. 1).

После восстановления выработки в бока 28 северного вентиляционного штрека были пробурены разведочные шпуров, которые показали, что разрушенный угольный массив прослеживается на глубину 7,4÷7,6 м. Таким образом, общее разрушение угольного массива произошло на глубину 7,9÷9,7 м.

Второй горный удар произошел в верхней части охранный целика, в зоне сопряжения 28СВШ с диагональной вентиляционной сбойкой № 1 в сторону северной фланговой сбойки произошло деформирование стоек крепления выработки (рис. 2).



Рису.3. Эскизные зарисовки разрушений краевой части пласта по 28 ЮКШ и кровли в вентиляционной сбойке № 2

Таблица 1. Фактическая и полученная глубина разрушения при горном ударе

№	Наименование выработки	Площадь сечения выработки, $S, \text{ м}^2$	Глубина, $H, \text{ м}$	Объемный вес пород кровли, $\gamma, \text{ т/м}^3$	Мощность пласта, $m$	Прочность боковых пород, $\text{т/м}^2, R_6$	Фактическая глубина разрушения в боках выработки, $\Delta f, \text{ м}$	Глубина разрушения рассчитанная по формуле (1), $\Delta f, \text{ м}$
Баренцбургское угольное месторождение ГП «Государственный трест «Арктикуголь»								
1	28СВШ	9,2	600	2,6	1,7	1000	8,5	8,4
2	Сопряжение 28 север. лавы с 28 север. прорежут. штреком	9,2	620	2,6	1,7	1000	8,7	8,7
3	Сопряжение 28 СВШ с диагональной вент. сбойкой № 1	9,5	640	2,6	1,7	1000	9,4	9,3
«Шахта «Северная» ОАО «Воркутауголь»								
1	Вентиляционный бремсберг 142-ю пл. «Четвертого»	9,3	760	2,6	1,6	1150	9,3	9,4

Шпур, пробуренный с 28 северного промежуточного штрека в угольный массив, показали, что разрушения массива прослеживаются на глубину 6,0-7,0 м, а общее разрушение угольного массива составило 7,3-8,0 м.

Следующий горный удар произошел в охранном целике 29 южной лавы. Ширина целика 37 м, глубина работ - 640 м. Эскизные зарисовки места аварии представлены на рис.е 3.

Как видно из рису. 3 видимая глубина разрушения боков выработки со стороны целика составила 0,7-1,2 м. В Вентиляционной сбойке закрепленной деревянными рамами (неполный дверной оклад с расстояниями между рамами 1,0 м) произошло разрушение крепи и обрушение кровли на высоту 0,7-1,0 м. На участках выработок закрепленных анкерной крепью обрушение кровли не произошло.

После приведения выработок в безопасное состояние были пробурены шпур в угольный массив целика. По данным бурения глубина разрушенной части охранного целика составила - 8,2 м. Таким образом, фактическая глубина разрушения угольного массива в результате горного удара составила 9,4 м.

Горный удар на шахте «Северная» ОАО «Воркутауголь» произошел в районе устья вентиляци-

онного бремсберга 142-ю пл. «Четвертого» и вентиляционной сбойки № 1, проведенной с конвейерного бремсберга 142-ю пл. «Четвертого» на вентиляционный бремсберг 142-ю пл. «Четвертого». Мощность пласта «Четвертого» в пределах аварии участка составляла 1,4-1,7 м [4, 5].

Видимые разрушения в выработках заключались в выдавливании и разрушении угля в боках выработок на величину 1,2÷1,5 м. Для установления фактических размеров зоны разрушения вентиляционного бремсберга 142-ю в угольный массив была пройдена контрольная выработка. Как показали измерения в пройденной выработке, угольно-породный массив был разрушен на глубину 3,0-8,5 м. Таким образом, фактическая зона разрушения пород вокруг вентиляционного бремсберга 142-ю в результате горного удара составила 9,2÷9,5 м.

Для определения фактических зон разрушения горных пород при горном ударе сделана попытка использовать данные, приведенные в каталоге горных ударов [1]. Всего было рассмотрено 27 случаев горных ударов.

Как показывают результаты исследований, разрушения выработок при горном ударе в большинстве случаев происходит в боках выработок, при этом анкерная крепь, установленная в бока

выработок, не может препятствовать этим перемещениям, так как их длина (в большинстве случаев 1,5 ÷ 2 м) меньше фактической зоны разрушения породы в боках выработки.

Применяемые для крепления горных выработок металлические арочные или рамные крепи рассчитаны на сопротивление от вертикальной нагрузки.

На основании результатов исследований и статистической обработки данных была получена формула для прогнозного определения фактической глубины разрушения угольного массива вокруг выработки при горном ударе, которая приведена ниже:

$$\Delta l = \frac{S \cdot H \cdot \gamma}{m \cdot R_6}; \quad (1)$$

где  $S$  – площадь сечения выработки, м<sup>2</sup>;  $H$  – глубина разработки, м;  $\gamma$  – объемный вес пород, т/м<sup>3</sup>;  $m$  – мощность пласта, м;  $R_6$  – прочность боковых пород, т/м<sup>3</sup>.

В табл. 1 приведены фактические глубины разрушения горных пород вокруг выработок, из-

меренных в натуральных условиях и рассчитанных по формуле (1).

В заключение можно отметить, что наименьшие разрушения кровли выработок при горном ударе имеют место при креплении кровли сталеполлимерной анкерной крепью, однако крепление бортов выработки на удароопасных пластах анкерной крепью длиной 1,5-2,5 м не защищает бока выработки от разрушения при горном ударе, так как их длина значительно меньше фактической глубины разрушения пород.

Также в ходе исследований было установлено, что применяемые для крепления подготовительных выработок на удароопасных пластах арочные металлические или рамные крепи рассчитаны на сопротивление от вертикальной нагрузки и не способны сопротивляться деформациям и разрушениям боковых стенок выработок при горном ударе, поэтому для минимизации вредных последствий в выработках при горном ударе необходимо разработать для этих условий крепь, имеющую конструктивную боковую податливость и способную сопротивляться горизонтальным нагрузкам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог систематического описания горных ударов на шахтах СССР. - Ленинград, 1967.
2. *Петухов И.М.* Горные удары на шахтах Кизеловского бассейна: Пермское книжное издательство. - Пермь, 1957, 143 с.
3. *Авершин С.Г., Слесарев В.Д.* Заключение о горных ударах на шахтах Кизеловского бассейна, Рукопись, Фонды ВНИМИ, 1951.
4. *Коршунов Г.И., Логинов А.К., Зуев В.А.* Разработка угольных пластов Воркутского месторождения в сложных горно-геологических условиях. - Санкт-Петербург, 2006.
5. *Артемов В.Б., Коршунов Г.И., Логинов А.К., Шик В.М.* Динамические формы проявления горного давления. - С.-Петербург «НАУКА», 2009. - 347 с.

Авторы статьи:

Розенбаум  
Марк Абрамович  
докт. техн. наук, проф. зав. лаб. геомеханики, НЦГ и ПГП, НМСУ «Горный»  
Тел. 8-(812)-328-8654  
Rozenbaum\_ma@spmi.ru

Антонюк  
Сергей Анатольевич  
аспирант, инженер лаб. геомеханики  
НЦГ и ПГП, НМСУ «Горный»  
Тел. 8-906-923-3583  
Antonyuk.Sergey.90@mail.ru

УДК 519.21

**А. В. Бирюков**

## О СЛУЧАЙНЫХ ПОКРЫТИЯХ

Рассмотрим взрывное дробление инородного массива скваженными зарядами, когда массив содержит крепкие включения, например, сферосидериты.

Дробление включения происходит лишь в том случае, если через него проходит заряд.

Проекцию включения на горизонтальную плоскость будем считать кругом радиусом  $x$ , а сетку скважин прямоугольной. Обозначим через  $z$  длину меньшей стороны прямоугольной ячейки, а

через  $v$  длину большей стороны. Тогда в зависимости от ориентации прямоугольника расстояние между скважинами может быть как меньше, так и больше расстояния между рядами скважин.

Задача состоит в вычислении вероятности дробления включения, т. е. вероятности покрытия кругом вершины прямоугольника. Эта вероятность равна отношению площади покрытия к площади прямоугольника  $zv$ .

Расстояние от вершины прямоугольника до