

УДК 622.8; 622.4

## ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЗРЫВОВ

Тахо-Годи А.З.

*Донской государственный аграрный университет, Ростовская обл.,  
Октябрьский р-н, п. Персиановский, e-mail: dongau@mail.ru*

Необходимость обеспечения безопасности ведения производственных процессов в настоящее время не требует доказательств. Это приобретает особую актуальность при проходке опасных по газовому фактору подземных горных выработок, так как возможны возгорание угольной пыли и взрывы метановоздушной смеси. Распространяясь по разветвленной сети шахтных выработок, они могут приводить к массовым травмам и даже гибели людей. В настоящей работе рассматриваются вопросы повышения безопасности ведения горных работ с использованием взрывов. На основе анализа параметров ударной волны при взрыве в шахтных выработках предлагаются несложные конструкции для снижения ее интенсивности, а также эмпирические соотношения, полученные по результатам экспериментальных исследований, пригодные для установления наиболее безопасных зон для укрытия работников. По результатам экспериментальных исследований также предложены эмпирические зависимости, позволяющие определить оптимальные расстояния до «подпружиненных дверей», открываемых под воздействием ударной воздушной среды, и следующих за ними водяных завес, что позволит существенно повысить безопасность ведения горных работ с использованием взрывов.

**Ключевые слова:** подземные горные выработки, опасные по газовому фактору, ведение работ с использованием взрывов, технические средства снижения интенсивности ударной взрывной волны

## INCREASING TO SAFETY OF CONDUCT OF THE MOUNTAIN WORK BY USED EXPLOSION

Tacho-Godi A.Z.

*Donskoy state agrarian university, Rostov region, October district, p. Persianovskiy,  
e-mail: dongau@mail.ru*

The need to ensure the safety of production processes at the present time does not require proof. This is particularly relevant at penetration of dangerous gas-oil ratio of underground mine workings, as the possible ignition of coal dust explosions, and methane-air mixture. Propagating through an extensive network of mine workings, they can result in massive injury and even death. The present work deals with improving mine safety with explosions. Based on the analysis of parameters of the shock wave in the explosion in the mine workings are offered simple designs to reduce its intensity, as well as empirical relationships obtained from the results of experimental studies are suitable for the establishment of the safest areas for shelter workers. According to the results of experimental studies have also proposed empirical correlations for determining the optimal distance to «spring-loaded door» opened under the influence of air shock, and following them water curtains, which will significantly improve the safety of mining operations, using bombings.

**Keywords:** underground mountain productions dangerous on gas factor; conduct of the mountain work with use explosion; technical tools of the reduction to intensities of the striking explosive ware

При проходке подземных горных выработок, опасных по газовому фактору, наиболее эффективным, как известно, является буровзрывной способ, основанный на бурении шпуров, закладке зарядов с взрывчатым веществом ВВ и инициировании взрывов в горном массиве. При этом нередко происходят ЧС, связанные с возгораниями угольной пыли, с взрывами метановоздушной смеси, распространяющиеся по разветвленной сети шахтных выработок. Эти ЧС зачастую ведут к травмам и гибели людей. Кроме того, периодически повторяющиеся сейсмические волновые воздействия оказывают отрицательное влияние на горнорабочих. И среди таких воздействий наибольшую опасность представляет собой ударная воздушная волна, УВВ, которую определяют как некоторый скачок уплотнения воздуха, распространяющийся со сверхзвуковой скоростью. Расширяющиеся продукты взрыва сжимают окружающий воздух, причем в каждый момент времени сжатым ока-

зывается лишь вполне определенный объем воздуха. Поверхность, отделяющая сжатый воздух от невозмущенного, представляет собой фронт ударной волны, который перемещается за счет первоначально полученной кинетической энергии. И чем больше давление на фронте УВВ, тем больше ее скорость. При своем движении УВВ постепенно теряет часть полученной энергии из-за необратимых потерь на нагрев воздуха, через который она движется, а также за счет увеличения объема воздуха, вовлекаемого ею в движение. По мере удаления УВВ от места ее возникновения давление на ее фронте падает и на расстоянии примерно 100 радиусов  $R_0$  от центра взрыва скорость УВВ приближается к звуковой.

Основными параметрами, характеризующими действие УВВ, являются, как известно:

- избыточное максимальное давление на ее фронте,  $\Delta P$ ;
- удельный импульс фазы сжатия,  $S_x$ ;

- время действия положительной фазы,  $\tau$ ;
- скорость движения фронта УВВ,  $D_y$ ;
- температура на фронте УВВ,  $T_\phi$ .

Согласно современным представлениям эти параметры определяются на основании следующих соотношений [1]:

$$\Delta P = \frac{2\rho D_y^2}{g(1+\nu)} \left( 1 - \frac{\tau^2}{D_y^2} \right)$$

или

$$\Delta P = \frac{7}{6} \rho_a \left( \frac{D_y^2}{C_0^2} - 1 \right), \quad (1)$$

где

$$D_y \left[ \Delta P \left( \frac{11}{\rho_{ш}} - \frac{1}{\rho} \right) q \right]^{1/2}, \quad (2)$$

а скорость движения сжатого воздуха и его температура

$$V = \frac{2}{1+\nu} D_y \left( 1 - \frac{C_0^2}{D_y^2} \right),$$

$$T_\phi = 288 \cdot \left( \frac{(100 + \Delta p)(720 + \Delta p)}{6\Delta p + 720} \right), \quad (3)$$

где  $P_0$ ,  $\rho_0$ ,  $C_0$  – соответственно давление, плотность и скорость звука в невозмущенном воздухе;  $\nu$  – показатель адиабаты.

Необходимо отметить, что в реальных условиях горных выработок интенсивность УВВ зависит от большого числа факторов, к числу которых следует отнести тип ВВ, конструкцию и вид заряда, параметры и способы инициирования взрыва, свойства взрывааемых пород, наличие на пути УВВ поворотов, сопряжений, расширений, сужений и других местных сопротивлений. Поэтому при прогнозировании избыточного давления на фронте УВВ при взрывах в подземных условиях обычно пользуются следующим соотношением:

$$\Delta P = 32,7 \cdot \left( \frac{Qm_y}{r\Sigma S} + 7,8 \sqrt{\frac{Qm_y}{r\Sigma S}} \right) e^{\frac{\beta_r}{d_b}} 10^5, \quad (4)$$

где  $Q$  – масса заряда ВВ;  $\Sigma S$  – суммарная площадь поперечного сечения выработки, примыкающей к заряду;  $m_y$  – коэффициент, учитывающий переход энергии ВВ на УВВ;  $\beta$  – коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности;  $d_b$  – условный диаметр выработки.

Как известно, взрывы одиночных зарядов в горном деле в настоящее время применяются редко. Чаще используют взрывание нескольких зарядов, в частности, способ короткозамедленного взрывания, при котором взрывание зарядов выполняется последовательно с интервалом в ты-

сячные доли секунды. При этом происходит взаимодействие зарядов с интерференцией волн напряжений от соседних зарядов, с соударением разлетающихся кусков горной массы и их дроблением, образованием дополнительных открытых поверхностей.

Естественно, при использовании всех известных способов взрывания необходимо, прежде всего, обеспечивать безопасность горнорабочих. И потому снижение сейсмического воздействия взрывов является, безусловно, одной из приоритетных задач безопасности ведения проходческих работ. В этом направлении определенные положительные результаты дает применение замедленного взрывания (когда время замедления более 1 с), короткозамедленное взрывание (время замедления – тысячные доли сек.). Для уменьшения сейсмического воздействия используют также экраны из разрушенных пород, защитные щели, опоясывающие взрывааемый массив на глубину, превышающую глубину фундаментов зданий в 1,2–1,5 раза, что позволяет снизить сейсмические эффекты в 3–4 раза.

В работах профессора В.К. Мусаева [2–6] защитные свойства щелей и полостей различных форм и сечений научно обоснованы и даны результаты их численного моделирования. Использование этих результатов позволяет с большой точностью установить места пребывания работников с наименьшими сейсмическими воздействиями при взрывных работах, а также обеспечить эффективную защиту уникальных наземных сооружений при взрывных воздействиях.

Анализ эффективности известных способов обеспечения безопасности ведения проходческих работ буровзрывным способом показал, что величины интенсивностей УВВ все еще остаются неоправданно высокими и необходимо находить новые методы и способы их снижения. В качестве одного из возможных вариантов решения этой задачи нами предлагается несложное устройство типа «подпружиненные двери» 1 с электромагнитными защелками 2, и водяная завеса 3, управляемые системой автоматики 4, работающей по сигналам датчиков взрыва (рис. 1).

Подпружиненные двери, открываемые под воздействием УВВ, и следующие за ними водяные завесы располагают на оптимальных расстояниях  $L_{\text{опт}}$  определенных нами по результатам экспериментальных исследований такими эмпирическими формулами:

$$L_{\text{двери}} = (7 - 8)\sqrt{Q}, \text{ м}; \quad (5)$$

$$L_{\text{вод.завеса}} = (12 - 14)\sqrt{Q}, \text{ м}. \quad (6)$$

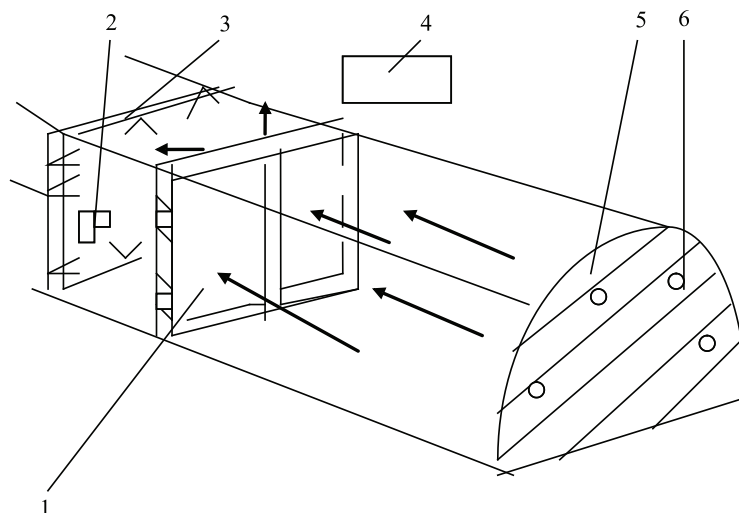


Рис. 1. Подпружиненные двери с водяной завесой, управляемые системой автоматики:  
1 – подпружиненные двери, открываемые под воздействием УВВ;  
2 – электромагнитные защелки, закрепленные на стенках выработки; 3 – водяная завеса;  
4 – система автоматического управления; 5 – грудь забоя; 6 – заряды ВВ

По формуле (6) можно производить выбор наиболее безопасных зон для укрытия работников, умножив полученный результат на коэффициент 2,48.

Вместо водяных завес можно использовать, применяемые в зарубежной практике, мешки с водой, размещенные на вращающейся перекладине, опрокидываемые под воздействием УВВ, (рис. 2).

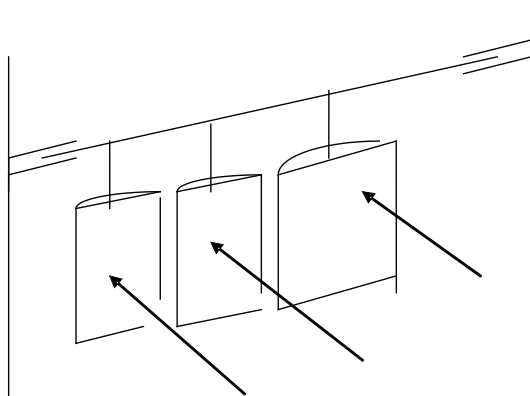


Рис. 2. Мешки с водой, подвешенные на вращающейся перекладине, опрокидываемые под воздействием УВВ и снижающие ее интенсивность

#### Список литературы

1. Суханов А.Ф., Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом. – М.: Недра, 1983. – С. 341.

2. Мусаев В.К. Некоторые вопросы в области разработки методики и решения практических задач нестационарных волновых воздействий // Техносферная безопасность, надежность, качество, ресурсосбережение: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Т. 38. – Ростов н/Д.: РГСУ, 2003. – С. 407–412.

3. Мусаев В.К. Численное моделирование безопасности сложных геотехнических систем при ударных, взрывных и сейсмических воздействиях // Проблемы управления безопасностью сложных систем: материалы XIII Международной конференции. – М.: ИПУ РАН, 2005. – С. 467–471.

4. Мусаев В.К. Численное моделирование плоских продольных взрывных волн в упругой полуплоскости // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия – Проблемы комплексной безопасности. – 2007. – №1. – С. 29–37.

5. Мусаев В.К., Акатьев В.А., Суцев С.П. О методах защиты строительных объектов от сейсмических воздействий // Труды XIV Международной научной конференции. – М.: ИПУ РАН, 2007.

6. Мусаев В.К., Сазонов К.Б. Решение задачи о сосредоточенном взрывном волновом воздействии на сооружение неглубокого заложения с вертикальной полостью // Вестник РУДН. Серия Проблемы комплексной безопасности. – 2008. – №4. – С. 75.

#### Рецензенты:

Коханенко В.Н., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Технология и прикладная механика» Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск;

Глебов Н.А., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Автоматика и мехатроника» Южно-Российского государственного технического университета, г. Новочеркасск.