Министерство энергетики Российской Федерации
Центральный штаб ВГСЧ угольной промышленности
Российский научно-исследовательский институт горноспасательного дела
(ФГУП РосНИИГД)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель департамента
угольной промышленности
Минэнерго России
_____ Е. Я. Диколенко
"31" марта 2003 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель начальника
Госгортехнадзора России
_____ А. И. Субботин
_____ 2003 г.

МЕТОДИКА

газодинамического расчёта параметров воздушных ударных волн при взрывах газа и пыли

24.03.03 21.03.2003 20.03.03 21.03.2003г.

Москва 2003

gost.e-ecolog.ru

Настоящая «Методика …» предназначена для выбора безопасных мест ведения горноспасательных работ при потенциальной угрозе взрыва газа и пыли в угольных шахтах.

В основу «Методики …» положен газодинамический подход, основанный на численном решении системы нестационарных уравнений газовой динамики, описывающей формирование и распространение воздушных ударных волн.

«Методику …» разработали: к.т.н. Горбатов В.А., инж. Руденко Ю.Ф., инж. Костеренко В.Н. (ЦШ ВГСЧ); д.т.н. Палеев Д.Ю., к.ф.-м.н. Лукашов О.Ю. (ИУУ СО РАН); д.т.н., проф. Чеховских А.М. (НИЦГ РК); д.ф.-м.н., проф. Васенин И.М., д.ф.-м.н., проф. Шрагер Э.Р., д.ф.-м.н., проф. Крайнов А.Ю. (Томский государственный университет).

«Методика …» предназначена для командного состава ВГСЧ, инженерно-технических работников угольных предприятий и организаций, участвующих в горноспасательных работах и при составлении планов ликвидации возможных аварий.

МЕТОДИКА
газодинамического расчёта параметров воздушных ударных волн при взрывах газа и пыли

1. Общие положения

Процесс взрыва газа и пыли в шахте характеризуется двумя стадиями - горением исходной смеси с формированием воздушных ударных волн и распространением последних после прекращения горения. Обе стадии в дальнейшем рассматриваются отдельно.

Опасность ударных волн (УВ) определяется двумя основными параметрами - избыточным давлением ΔP_{Φ} во фронте УВ и величиной времени его действия τ_{+} (фазой сжатия). Избыточное давление во фронте волны ΔP_{Φ}, как в зоне горения, так и после его прекращения зависит от состава исходной смеси, длины загазированной части, размеров выработки, ее загроможденности, типа крепи и других факторов. Время действия избыточного давления τ_{+} также зависит от перечисленных выше факторов.

Ввиду того, что при взрывах газа и пыли в шахтах время действия избыточного давления обычно превышает 1 с, все расчеты сооружений в шахтах ведутся на действие статической нагрузки.

Безопасные условия для людей, находящихся в шахте, обеспечиваются при избыточном давлении во фронте воздушной волны менее 0,006 МПа.

Распространение УВ по разветвлённой сети горных выработок рассчитывается на основе численного решения системы нестационарных уравнений газовой динамики. Расчёт основывается на пространственной топологии сети горных выработок шахты.

Расчёт ведётся на персональном компьютере по специальной программе, автоматизирующей весь ход вычислительного процесса, и позволяющей рассчитывать давление, скорость и температуру в горных выработках в любой момент времени.

Перед проведением расчёта в компьютер должны быть введены:

- трёхмерные координаты и номера сопряжений (поворотов, изменения профиля) горных выработок участка или всей шахты;
- номера выработок и номера их начального и конечного сопряжений;
- форма и площади поперечных сечений горных выработок;
- величины аэродинамических сопротивлений горных выработок.

2. Определение давления в зоне горения

Задание длины зоны горения. За зону взрыва (горения) исходной смеси принимается участок горных выработок с неуправляемым проветриванием или (и) запылённый угольной пылью до взрывоопасной концентрации участок. Зона взрыва может быть только одна. Она может занимать любую часть выработки, всю выработку или несколько смежных выработок сразу.

Определение давления в зоне горения. При взрыве метановоздушных смесей формируются УВ, интенсивность которых не превышает величин давлений, возникающих при взрыве стехиометрической (9,5 %) метановоздушной смеси, равномерно распределенной по длине и сечению горной выработки. Поэтому при определении величин давлений УВ в зоне горения предполагается, что взрывается стехиометрическая смесь метана с воздухом (кривая *1* на рис. 1). При взрыве сложных метанопылевоздушных смесей во взрыве участвует ещё и сорбированный на частицах угольной пыли кислород, что увеличивает давление в зоне горения (кривая *2* на рис. 1).

Давление в зоне взрыва определяется по суммарной безразмерной длине активного участка горения от очага воспламенения до границы раздела «горючая смесь - воздух» по формуле

$$\overline{L} = \sum_{i=1}^{n} L_i / d_{npi}, \qquad (1)$$

где L_i - длина i-го участка зоны взрыва, м; $i = 1, 2, \ldots, n$ – фактическое число участков; d_{npi} - приведённый диаметр i-го участка, рассчитываемый по формуле

$$d_{npi} = 4S_i / \Pi_i, \qquad (2)$$

где S_i - площадь поперечного сечения выработки i-го участка, м^2; Π_i – периметр выработки, м (табл. 1).

Таблица 1

Связь между площадью поперечного сечения выработки и её периметром

Форма сечения	**Формула для определения периметра**
Квадратная	$4\sqrt{S}$
Арочная	$3{,}84\sqrt{S}$
Трапециевидная	$4{,}16\sqrt{S}$
Круглая	$3{,}56\sqrt{S}$

По графику на рис. 1 определяется избыточное давление во фронте сформировавшейся УВ ($\Delta P_ф = p - p_{атм}$).

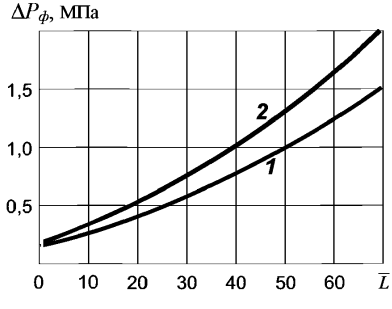


Рис. 1. Зависимость избыточного давления в зоне взрыва от безразмерной длины выработки: *1* – при взрыве метана; *2* – при взрыве метана и угольной пыли

В тех случаях, когда суммарная безразмерная длина $L \geq 65$, а также при $L \geq 15$, если выработка сильно загромождена оборудованием, крепежными материалами и т. п. или нет достоверных сведений о загромождённости выработки, в которой предполагается горение, давление во фронте УВ следует принимать равным 1,6 МПа.

После прекращения горения газопылевоздушной смеси наступает режим распространения ударной волны по горным выработкам.

3. Распространение УВ в горных выработках после прекращения горения

Прямолинейные участки выработок. Для расчета распространения воздушной ударной волны по участкам выработок, не имеющих местных сопротивлений, используются одномерные уравнения газовой динамики, в которых учитываются процессы силового и теплового взаимодействия газового потока со стенками выработки.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho S) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u S) = 0, \tag{3}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_f S) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_f u S) = 0, \tag{4}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u S) + \frac{\partial}{\partial x}\left[(\rho u^2 + p)S\right] = -\tau_{mp}\Pi + p\frac{\partial S}{\partial x}, \tag{5}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E S) + \frac{\partial}{\partial x}\left[(\rho E u + p u)S\right] = q\Pi, \tag{6}$$

$$E = c_v T + \frac{u^2}{2}, \quad p = \rho R T, \tag{7}$$

где t – время, с; x - координата, м; ρ - плотность воздуха, кг/м^3; ρ_f – плотность продуктов взрыва, кг/м^3; p – давление, Па; T – температура, К; R - газовая постоянная, Дж/(кг·К); u - скорость, м/с; E - полная энергия, Дж/кг; S - площадь поперечного сечения выработки, м^2; П - периметр выработки; м; τ_{mp} - сила трения о стенки выработки, Па/м; q - тепловой поток в стенки выработки, Вт; c_v – удельная теплоёмкость, Дж/(кг·К).

Силовое и тепловое взаимодействие потока газа со стенками горных выработок описывается следующими эмпирическими зависимостями

$$\tau_{mp} = \frac{1}{8} c_f \rho u^2, \quad c_f = 0.0032 + \frac{0.221}{\mathrm{Re}^{0.237}}, \quad \mathrm{Re} = \frac{\rho u D_{экв}}{\mu}, \quad D_{экв} = \frac{4S}{П}, \qquad (8)$$

где c_f - коэффициент сопротивления, м$^{-1}$; Re - число Рейнольдса; $D_{экв}$ - эквивалентный диаметр сечения прямолинейного участка выработки, м; μ - коэффициент динамической вязкости, Па·с.

При определении теплового потока в стенки выработки для вычисления коэффициента теплообмена α используются критериальные зависимости:

$$q = \alpha(T_S - T), \quad Nu = 0.022\,\mathrm{Re}^{0.8}\,\mathrm{Pr}^{0.47}\,B, \quad \mathrm{Pr} = \frac{\mu c}{\lambda_g}, \quad Nu = \frac{\alpha\, D_{экв}}{\lambda_g}, \qquad (9)$$

$$B = \begin{cases} \exp\left(\dfrac{(l/\delta)_{opt}}{(l/\delta)}\right), & \dfrac{l}{\delta} > \left(\dfrac{l}{\delta}\right)_{opt} \\ \exp\left(\dfrac{(l/\delta)}{(l/\delta)_{opt}}\right), & \dfrac{l}{\delta} < \left(\dfrac{l}{\delta}\right)_{opt} \end{cases} \qquad \left(\frac{l}{\delta}\right)_{opt} = 13,$$

где Nu - число Нуссельта; Pr - число Прандтля; λ_g - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); α - коэффициент теплообмена, Вт/(м^2·К); c – теплоемкость, Дж/К; B - поправочный коэффициент, который учитывает влияние шероховатости стенок на процесс теплообмена; l - характерное расстояние между выступами шероховатости, м; δ - характерная величина выступа шероховатости, м.

Поскольку точные данные по коэффициентам c_f и B для горных выработок отсутствуют, то введением одного поправочного коэффициента все расчёты распространения УВ по прямолинейным участкам выработок приведены в соответствие с эмпирической зависимостью, описывающей изменение избыточного давления в переднем фронте УВ

$$\Delta P_x = \Delta P_\phi \exp\left(-k\frac{П}{S}x\right), \tag{10}$$

где ΔP_x - избыточное давление в волне на расстоянии x от начального сечения, МПа; ΔP_ϕ - избыточное давление в волне в начальном сечении, МПа; $П$-периметр выработки, м; S – площадь поперечного сечения выработки (в свету), м^2; x – путь, пройденный волной по выработке, м; k – безразмерный коэффициент затухания УВ.

$$k = \left[0.42 - 0.31\exp(-0.3\Delta P_\Phi)\right] R\frac{S^3}{ПL}, \tag{11}$$

где R –аэродинамическое сопротивление горной выработки, Н·с^2/м^8; L - длина выработки, м.

Сопряжения горных выработок. В сопряжениях пересекаются горные выработки под различными углами. Течение газа в них описывается трёхмерными уравнениями газовой динамики (трением и теплообменом при этом пренебрегаем из-за их малости):

$$\frac{\partial\rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0, \tag{12}$$

$$\frac{\partial\rho_f}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_f u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho_f v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho_f w) = 0, \tag{13}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u^2 + p) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho u v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho u w) = 0, \tag{14}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho\, u v) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho\, v^2 + p) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho\, v w) = 0, \tag{15}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho w) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho\, u w) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho\, v w) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho\, w^2 + p) = 0, \tag{16}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho E u + p u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho E v + p v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho E w + p w) = 0, \tag{17}$$

$$E = c_v T + \frac{u^2 + v^2 + w^2}{2}, \qquad p = \rho R T, \tag{18}$$

где u - скорость вдоль оси x, м/с; v - скорость вдоль оси y, м/с; w - скорость вдоль оси z, м/с.

Начальные условия: В зоне горения определяются давление, температура и плотность продуктов взрыва метановоздушной смеси стехиометрического состава. В остальных выработках параметры газа, соответствуют нормальным условиям в шахте:

$$p(x,0)=\begin{cases}P_b & x\in\Gamma\\ P_0 & x\notin\Gamma\end{cases},\qquad T(x,0)=\begin{cases}T_b & x\in\Gamma\\ T_0 & x\notin\Gamma\end{cases},\qquad \rho_f(x,0)=\begin{cases}\rho_f & x\in\Gamma\\ 0 & x\notin\Gamma\end{cases},\qquad (19)$$

$$u(x,0)=0,$$

$$p(x,y,z,0)=\begin{cases}P_b & в\ \Gamma\\ P_0 & вне\ \Gamma\end{cases},\quad T(x,y,z,0)=\begin{cases}T_b & в\ \Gamma\\ T_0 & вне\ \Gamma\end{cases},\quad \rho_f(x,y,z,0)=\begin{cases}\rho_f & в\ \Gamma\\ 0 & вне\ \Gamma\end{cases},\qquad (20)$$

$$u(x,y,z,0)=0,\quad v(x,y,z,0)=0,\quad w(x,y,z,0)=0$$

где P_0, T_0 - начальное давление и температура в выработках, Па, К; P_b, T_b - давление и температура в зоне загазованности после взрыва, Па, К; ρ_f - плотность продуктов сгорания, кг/м^3; Γ – зона загазования.

Граничные условия для уравнений (3) - (7) ставятся в зависимости от конфигурации и сечения горной выработки, с которой выработка граничит. Если граница выработки – тупик или изолирующая перемычка, то используется условие не протекания:

$$u\big|_{гр}=0 \qquad (21)$$

Если выработка выходит на поверхность, то на этой границе предполагается постоянство давления и плотности:

$$p\big|_{гр}=P_{атм},\quad \rho\big|_{гр}=\rho_{атм} \qquad (22)$$

Если выработка граничит с областью ветвления, то в качестве граничных условий используются значения потоков массы, импульса и энергии,

определяемые из решения задачи о распаде произвольного разрыва в параметрах газа:

$$M\big|_{гр} = M_1, \qquad I\big|_{гр} = I_1, \qquad E\big|_{гр} = E_1, \tag{23}$$

Система уравнений (3)-(7) с краевыми условиями описывает течение газа в прямолинейных горных выработках. Для системы уравнений (12)-(18) используем условия на границах сопряжения в виде (23), если на соответствующей стороне есть примыкающая выработка; если её нет - используем условие не протекания (21) на соответствующей стороне сопряжения.

4. Расчёт с помощью калькулятора

При отсутствии ЭВМ или неполной информации по трёхмерным координатам сопряжений горных выработок на момент аварии допускается проведение упрощенного расчёта безопасных мест ведения горноспасательных работ с помощью калькулятора по следующей методике.

Для определения величины избыточного давления УВ, формирующейся при взрыве газов и пыли в системе горных выработок, необходимо составить расчетную схему. На ней должны быть указаны: место расположения источника воспламенения; длина каждого участка, на котором возможно горение исходной смеси; вид крепи; периметр и площадь поперечного сечения выработки.

Задание длины зоны горения и давления в ней производятся в соответствии с рекомендациями п. 2.

Изменение избыточного давления в УВ при распространении её по прямолинейным участкам горных выработок после прекращения горения исходной смеси рассчитывается по соотношениям (10), (11).

Если на пути движения УВ имеются участки с различными сечениями и видами крепи, то определение снижения давления производится для каждого участка в отдельности. За начальное давление в каждом последующем

участке (по направлению движения УВ) принимается конечное давление в предыдущем участке.

Давление во фронте УВ, распространяющейся через местные сопротивления в виде поворотов, сопряжений и т.п., определяется по формуле

$$\Delta P_{\phi} = \frac{0{,}4A - 0{,}29 + \sqrt{(0{,}4A - 0{,}29)^2 + 2{,}8A}}{4{,}8} \qquad (24)$$

где ΔP_{ϕ} – давление во фронте УВ после прохождения местного сопротивления, МПа; A – величина, определяемая по таблице 2 в зависимости от вида местного сопротивления, МПа.

В табл. 2 обозначены через ΔP_{ϕ} - давление во фронте ударной волны перед местным сопротивлением, МПа; γ – величина угла поворота или сопротивления; δ – отношение площадей поперечного сечения каналов всегда меньшего к большему.

Если к выработке, по которой предполагается распространение УВ, примыкает тупик с безразмерной длиной $\overline{L} \le 12$, то потери давления в местном сопротивлении учитывать не следует. В тех случаях, когда $\overline{L} > 12$, расчет необходимо вести по формуле (24) .

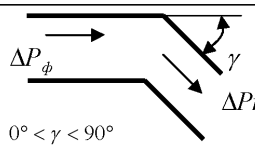
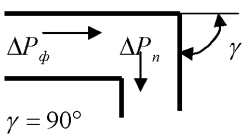
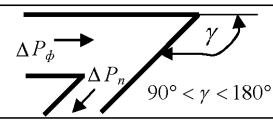
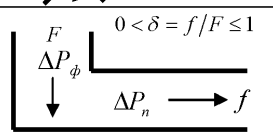
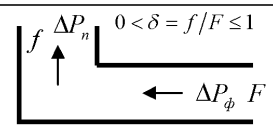
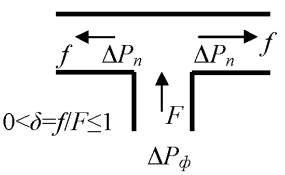
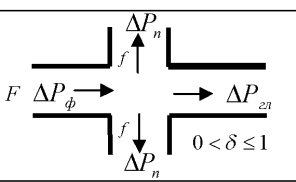
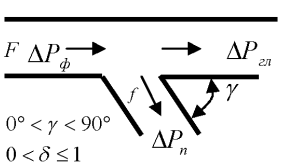
При движении ударной волны по горным выработкам на её пути могут встретиться внезапные сужения и расширения. Изменение давления во фронте ударной волны, распространяющейся через такое сопротивление, определяется по формуле

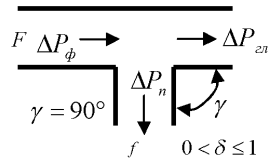
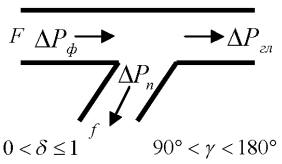
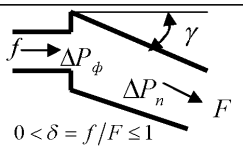
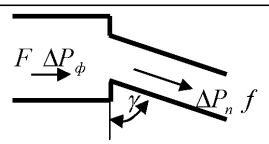
$$\Delta P_{\phi.c} = \kappa_c \Delta P_{\phi}, \qquad (25)$$

где $\Delta P_{\Phi.c}$ - давление во фронте УВ после внезапного сужения или расширения выработки, МПа; ΔP_{Φ} - давление во фронте УВ на подходе к внезапному сужению или расширению выработки, МПа; κ_c – безразмерный коэффициент сопротивления при внезапном сужении или расширении выработки.

Таблица 2

Расчетные формулы определения величины A
для различных видов местных сопротивлений

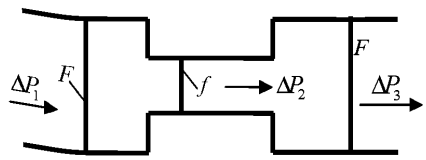
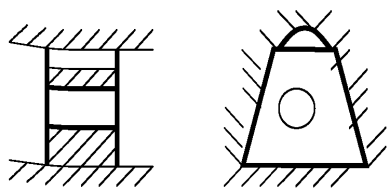
№ п/п	Виды сопротивлений	Расчетные формулы
1	2	3
1.		$A_{пов} = \Delta P_ф + \frac{5\Delta P_ф^{\,2}\left(1 - 0{,}25 Sin^2\gamma\right)}{\Delta P_ф + 0{,}72}$
2.		$A_{пов} = \Delta P_ф + \frac{4\Delta P_ф^{\,2}}{\Delta P_ф + 0{,}72}$
3.		$A_{пов} = \Delta P_ф + \frac{4\Delta P_ф^{\,2}}{\Delta P_ф + 0{,}72} + \frac{\Delta P_ф^{\,2} Cos^2\gamma}{\Delta P_ф + 0{,}72}$
4.		$A_{пов} = \left[\Delta P_ф + \frac{4\Delta P_ф^{\,2}}{\Delta P_ф + 0{,}72}\right] + \left[\Delta P_ф + \frac{2\Delta P_ф^{\,2}}{\Delta P_ф + 0{,}72}\right](1-\delta)$
5.		$A_{пов} = \left[\Delta P_ф + \frac{4\Delta P_ф^{\,2}}{\Delta P_ф + 0{,}72}\right]\delta$
6.		из широкого в узкий (при F>f) $A_{пов} = 0{,}7\Delta P_ф + \frac{2{,}8\Delta P_ф^{\,2}}{\Delta P_ф + 0{,}72} + (1-\delta)\left[1{,}3\Delta P_ф + \frac{3{,}2\Delta P_ф^{\,2}}{\Delta P_ф + 0{,}72}\right]$ из узкого в широкий (при F<f) $A_{пов} = \left[0{,}7\Delta P_ф + \frac{2{,}8\Delta P_ф^{\,2}}{\Delta P_ф + 0{,}72}\right]\delta$
7.		$A_{гл} = (1-0{,}51\delta)\left[\Delta P_ф + \frac{5\Delta P_ф^{\,2}}{\Delta P_ф + 0{,}72}\right]$ $A_{пов..} = (1-0{,}64\delta)\Delta P_ф$
8.		$A_{гл} = (1-0{,}25\delta)(1-0{,}333\delta Cos^2\gamma)\left[\Delta P_ф + \frac{5\Delta P_ф^{\,2}}{\Delta P_ф + 0{,}72}\right]$ $A_{пов.} = (1-0{,}35\delta)(1-0{,}231\delta Cos^2\gamma)\left[\Delta P_ф + \frac{5\Delta P_ф^{\,2} Cos^2\gamma}{\Delta P_ф + 0{,}72}\right]$

1	2	3
9.		$A_{гл} = (1 - 0{,}25\delta)\left[\Delta P_{ф} + \frac{5\Delta P_{ф}^{\,2}}{\Delta P_{ф} + 0{,}72}\right]$ $A_{пов.} = \Delta P_{ф}(1 - 0{,}35\delta)$
10.		$A_{гл} = (1 - 0{,}25\delta)\left[\Delta P_{ф} + \frac{5\Delta P_{ф}^{\,2}}{\Delta P_{ф} + 0{,}72} + \frac{2{,}5\delta\Delta P_{ф}^{\,2}Cos^{2}\gamma}{4\Delta P_{ф} + 0{,}72}\right]$ $A_{пов.} = (1 - 0{,}35\delta)\left[\Delta P_{ф} + \frac{2{,}5\Delta P_{ф}^{\,2}Cos^{2}\gamma}{4\Delta P_{ф} + 0{,}72}\right]$
11.		$A_{пов.} = \Delta P_{ф}\delta\left(1 + \frac{4\Delta P_{ф}}{\Delta P_{ф} + 0{,}72} + \frac{\Delta P_{ф}Cos^{2}\gamma}{\Delta P_{ф} + 0{,}72}\right)$
12.		$A_{пов.} = \left[2\Delta P_{ф} + \frac{6\Delta P_{ф}^{\,2}}{\Delta P_{ф} + 0{,}72} - \left(\Delta P_{ф} + \frac{2\Delta P_{ф}^{\,2}}{\Delta P_{ф} + 0{,}72}\right)\delta\right] \times$ $\times\left[(1 - Cos\gamma) + \left(\Delta P_{ф} + \frac{5\Delta P_{ф}^{\,2}}{\Delta P_{ф} + 0{,}72}\right)Cos\gamma\right]$

Величина безразмерного коэффициента сопротивления волны κ_c в зависимости от отношения δ площадей поперечного сечения выработок определяется по табл. 3.

Таблица 3

Значение коэффициента сопротивления волны в зависимости от отношения площадей поперечного сечения выработки

Условные обозначения	Коэффициенты сопротивления K_c			
	$\delta = \frac{f}{F}$	Из широкого канала в узкий $K_{c1} = \Delta P_3 / \Delta P_1$	$\delta = \frac{f}{F}$	Из узкого канала в широкий $K_{c2} = \Delta P_3 / \Delta P_2$
	0,8	1,1	0,8	0,90
	0,6	1,22	0,6	0,79
	0,4	1,37	0,4	0,60
	0,2	1,51	0,2	0,37
$\delta = \frac{\sum f}{F}$	0,1[x]	1,75	0,1	0,15
$\sum f$ - площадь свободная для прохода потока, м^2; F - площадь выработки, м^2	0,05[x]	2,15	0,05	0,08

Примечание: 1. Эффективность гашения УВВ зависит от начального давления.

2. В данной таблице приведены минимальные значения коэффициентов затекания и гашения УВВ $(\Delta P_1 \le 0{,}05\,МПа)$.

[x]) $\delta = 0{,}05$ для одного стандартного проема в гипсовой перемычке, установленной в выработке $S = 10$ м^2; $\delta = 0{,}1$ для двух

Термины и определения

Горение – медленно-протекающий физико-химический процесс, для которого характерны три признака: химическое превращение, выделение тепла, излучение света.

Вспышка - кратковременное и интенсивное сгорание ограниченных объёмов горючих рудничных газов и пыли (угольной, серной и т. д.), не сопровождающееся образованием ударной волны и разрушением горных выработок.

Взрыв - процесс освобождения большого количества энергии в ограниченном объёме за весьма короткий промежуток времени. В угольных шахтах вспышки и взрывы подразделяются на:

- вспышки метана без перехода во взрыв (в зарубных щелях, в местных скоплениях небольших объемов метана и т.д.);
- взрывы метана без участия пыли;
- взрывы метана с участием угольной пыли;
- взрывы угольной пыли (возможны в негазовых шахтах).

Детонация – взрыв, распространяющийся с постоянной и максимальной для данной среды и данных условий скоростью, превышающей скорость звука в данной среде. При детонации достигается максимальное разрушительное действие взрыва.

Детонационная волна – ударная волна, проходящая по взрывчатой среде и сопровождаемая возникающей за фронтом волны зоной реакции взрывчатого превращения.

Взрывная волна – особого рода возмущение, возникающее в окружающей среде, при взрыве заряда ВВ, пыли и газа и представляющее собой резкое скачкообразное повышение давления, сопровождающееся сжатием, нагревом и изменением скорости среды. Вблизи очага взрыва взрывная волна распространяется со скоростью, превышающей скорость звука в данной среде (**ударная волна**). На некотором удалении от очага крутой фронт волны выполаживается и скорость её распространения равна звуковой (**волна сжатия**).

Зона загазования – зона, содержащая взрывчатую смесь, в которой возможно экстремальное действие взрыва, вплоть до детонации взрывчатой смеси.

Поражающие факторы взрыва - факторы, воздействие которых приводит к травме, отравлению или гибели людей, занятых на подземных работах, а также к внезапному нарушению нормального состояния горных выработок, изменению состава рудничной атмосферы, повреждению оборудования, механизмов, различных устройств и сооружений. К поражающим факторам взрыва относятся:

- избыточное давление;
- разрежение;

- высокая температура;
- скорость движения воздушной массы;
- концентрация газообразных продуктов взрыва.

Зона поражения при взрывах (вспышках) газа и пыли в угольных шахтах – это совокупность горных выработок, на которые воздействовал хотя бы один поражающий фактор взрыва.

Зона поражения определяется для каждого поражающего фактора при разработке ПЛА, составлении оперативных планов во время ликвидации аварий и ведении технических работ, а также при проектировании противоаварийной защиты шахт.

gost.e-ecolog.ru