

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ТОКСИЧНЫХ ГАЗОВ В ПРОДУКТАХ ВЗРЫВА НОВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ**

*Т. Н. Перелет, инж. (ИЭЭ НТУУ «КПИ»)*

*Описано методу і результати експериментального визначення кількості токсичних газів у продуктах вибуху при підриванні заряду промислових вибухових речовин у полігонних умовах. Наведено теоретичні розрахунки шкідливості нових промислових вибухових речовин композитів ПС.*

Открытый способ разработки месторождений твердых полезных ископаемых в настоящее время стал оказывать серьезное негативное влияние на состояние окружающей среды, вызывая ландшафтные и аэрологические изменения, способствуя загрязнению прилегающих территорий, воздушного и водного бассейнов [1]. Все это отрицательно влияет на природу и здоровье людей, создает неудовлетворительную экологическую ситуацию в промышленных зонах Украины. Поэтому одной из главнейших задач горной науки и практики является решение проблемы борьбы с выбросами пыли и газов при производстве массовых взрывов на карьерах. При этом необходимо не только создавать наиболее благоприятные условия для предупреждения образования пыли и вредных газов, но и максимально сократить их объем в процессе взрывного разрушения горных пород.

Несмотря на значительное разнообразие взрывчатых веществ (ВВ), применяемых в промышленности, ведется постоянный поиск новых, более дешевых, экологически более чистых и эффективных ВВ. Экологическая чистота любого ВВ определяется санитарно-гигиеническими характеристиками компонентов, стабильностью зарядов ВВ и количеством вредных газов, выделяющихся при взрыве. Количественная оценка процесса пылегазовыделения при массовых взрывах необходима для оценки объема вредных примесей, выделяемых в атмосферу карьера и прилегающих к нему участков. Полученная информация позволяет определить время проветривания карьеров и взорванных блоков после производства взрывных работ, дальность рассеивания пылегазового облака за пределами карьера, изменение концентрации вредных примесей в приземном слое на различных расстояниях от взрыва.

В настоящее время известно несколько методов определения запыленности и загазованности воздуха карьеров.

**Методика определения концентрации пыли и газов в основании пылегазового облака** (разработана НИИБТГ). При массовом взрыве в направлении преобладающего движения воздушных потоков за час до взрыва на расстоянии 30...40 м от взрываемого блока устанавливаются автоматические пылегазоотборники (4...6 приборов на один взрыв). Под действием сейсмического толчка приборы автоматически включаются в работу и производят отбор пылегазовой смеси в основании образовавшегося пылегазового облака [2].

**Методика определения концентрации пыли и газов в верхней части пылегазового облака** (разработана НИИБТГ). Концентрацию пыли и газов следует определять с помощью средств гражданской авиации, оборудованных прибором для дистанционного отбора проб. Этот прибор для дистанционного отбора пылегазовых проб перемещается вертолетом на внешней подвеске с удалением от фюзеляжа на 40 м [2].

**Экспресс-анализ состава атмосферы карьера в районах массового взрыва** [3]. Осуществляется с помощью газоопределителя с индикаторными трубками на окись углерода и окислы азота ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO} + \text{NO}_2$ ). Например, при использовании газоопределителя марки ГХ-4 для определения окислов азота используется индикаторная трубка ТИ  $\text{NO} + \text{NO}_2 - 0,005$ . Она позволяет определять содержание окислов азота в атмосфере карьера от 0,0001 до 0,005 % (по объему) или от 2,0 до 10  $\text{мг/м}^3$ .

Однако указанные выше методики не нашли широкого применения на практике. Во-первых, эти методики достаточно трудоемки и не обеспечивают высокую точность определения количества токсичных газов в продуктах взрыва; во-вторых, согласно этим методикам сначала производится отбор пылегазовых проб, и только после этого пробы обрабатываются и анализируются в химической лаборатории.

Специалистами ЗАО «Техновзрыв» совместно с кафедрой инженерной экологии ИЭЭ НТУУ «КПИ» разработана методика определения количества токсичных газов в продуктах взрыва в условиях полигона НИЦ «Материалообработка взрывом» Института электросварки им. Е.О. Патона НАНУ.

По этой методике определялось количество токсичных газов в продуктах взрыва промышленных ВВ, разработанных ЗАО «Техновзрыв»: полимиксах, компаундах и др.

Взрывание ВВ производилось в расположенной на полигоне взрывной камере, корпус которой представляет собой полусферу с поддоном, образованную торцами труб, заглушенными с внешней стороны (рис. 1)

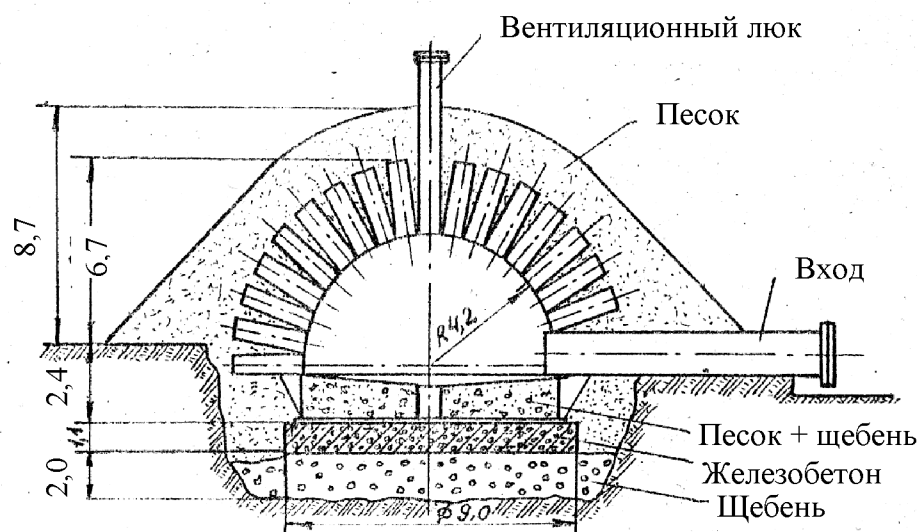


Рис. 1. Разрез трубчатой взрывной камеры на полигоне ИЭС им. Е. О. Патона

Заряды из смесевых, водосодержащих, эмульсионных ВВ массой 10 кг готовились на месте испытаний. ВВ помещались в полиэтиленовую оболочку, после чего доставлялись к взрывной камере и устанавливались в ней.

Плотность ВВ ( $\text{г/см}^3$ ) во взрываемом заряде определяется по формуле

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot h}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса заряда, г;  $V$  – объем заряда,  $\text{см}^3$ ;  $d$  – диаметр заряда, см;  $h$  – длина заряда, см.

Перед началом взрыва вентиляционный и входной люки взрывной камеры закрываются. Иницирование боевика в заряде (тетриловая шашка) – электрическое.

После взрыва вентиляционный люк открывается, и на его место устанавливается вентилятор, который подключается к электрической сети. Скорость воздушного потока измеряется анемометром в различных точках на пути движения воздушных потоков. Измерения скорости усредняются по сечению потока.

При работающем вентиляторе газоанализатором АТХ-620 проводят измерения концентрации токсичных газов ( $\text{CO}$  и  $\text{NO}+\text{NO}_2$ ) до тех пор, пока их концентрация не уменьшится до нуля или, по крайней мере, не станет допустимой.

По данным измерений строится зависимость  $C_i = f(t)$ . На основании данных табл. 1 на рис. 2 показано изменение во времени концентрации  $\text{CO}$ , выделившегося в результате взрыва промышленного ВВ компаунда ПС, разработанного ЗАО “Техновзрыв”.

Таблица 1. Данные измерений концентрации  $\text{CO}$

$t$ , мин	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$C$ , $\text{мг/м}^3$	35,6	45,5	39	32,7	28,3	27,6	27,6	22	20,5	19,6	18,6	18

Продолжение табл. 1

$t$ , мин	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$C$ , $\text{мг/м}^3$	16,8	16	14	12,7	12,7	10,8	10,6	10,6	4	3,1	1,5

Количество воздуха ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), прошедшего через вентилятор за единицу времени через люк площадью  $S$ , определяют по формуле

$$P = S \cdot v_{\text{вент}}, \quad (2)$$

где  $S$  – площадь вентиляционного люка,  $\text{м}^2$ ;  $v_{\text{вент}}$  – скорость потока воздуха, проходящего через вентилятор,  $\text{м/с}$ .

Объем воздуха ( $\text{м}^3$ ), прошедшего через вентилятор за время эксперимента, определяется по формуле

$$V = Pt, \quad (3)$$

где  $t$  – время вентиляции с начала эксперимента, с.

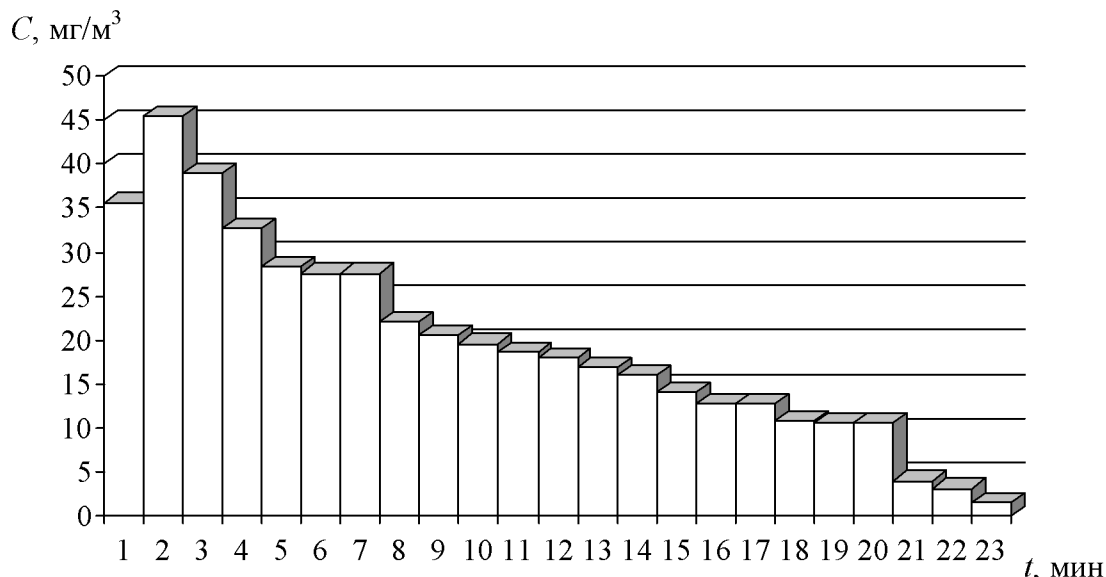


Рис. 2. Изменение во времени концентрации газа СО

Количество  $i$ -го токсичного газа (г), образовавшегося в продуктах взрыва, определяется по формуле

$$Q_i = \int_t PC_i(t)dt = P \int_t C_i(t)dt \approx tP \sum_{j=1}^n C_{ij}, \quad (4)$$

где  $t$  – интервал времени между измерениями, с;  $n$  – общее количество замеров;  $C_{ij}$  – концентрация  $i$ -го токсичного газа при  $j$ -том измерении, г/м<sup>3</sup>.

По данным расчетов строится зависимость  $Q_i = P \int_t C_i(t)dt$ . С использованием данных табл. 2 на рис. 3 показано изменение во времени суммарного количества СО, образовавшегося в продуктах взрыва комполайта ПС.

Таблица 2. Расчетное количество СО, образовавшееся в продуктах взрыва комполайта ПС

$t$ , мин	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$Q_i$ , г	13,88	31,63	46,84	59,59	70,63	81,39	92,16	100,74	108,73	116,38	123,6	130,65

Продолжение табл. 2

$t$ , мин	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$Q_i$ , г	137,20	143,44	148,90	153,86	158,81	163,02	167,15	171,29	172,85	174,06	174,64

Масса токсичных газов (г/кг), приходящаяся на 1 кг ВВ, определяется по формуле

$$M_{z_i} = \frac{Q_i - Q_{i\text{боевик}}}{m}, \quad (5)$$

где  $Q_{i\text{боевик}}$  – количество  $i$ -го токсичного газа, образовавшегося во время взрыва боевика,  $Q_{\text{СОтротил}} = Q_{\text{СОтетрил}} = 375$  г/кг.

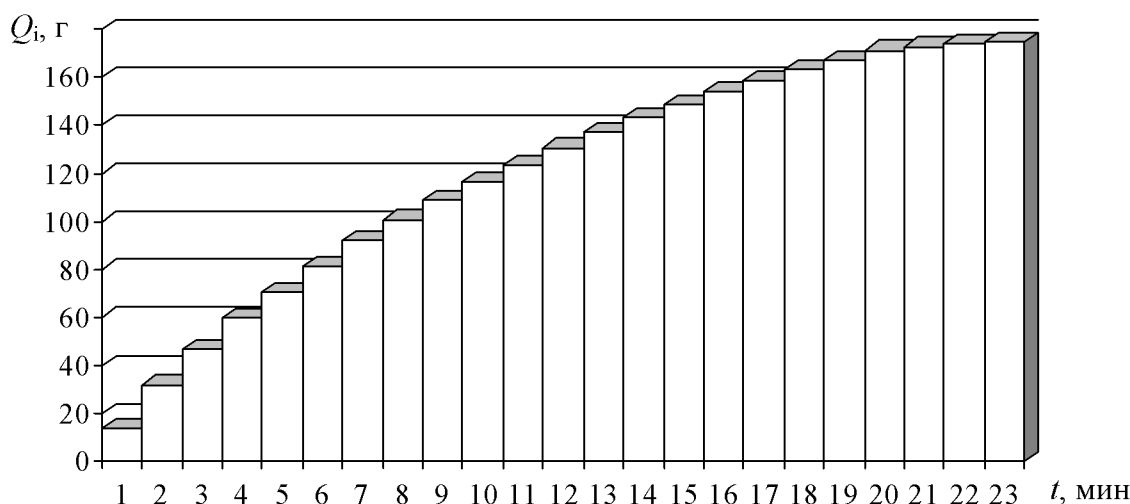


Рис. 3. Изменение во времени суммарного количества газа СО, который образовался в продуктах взрыва полимикса ПС и прошел через сечение вентиляционного люка

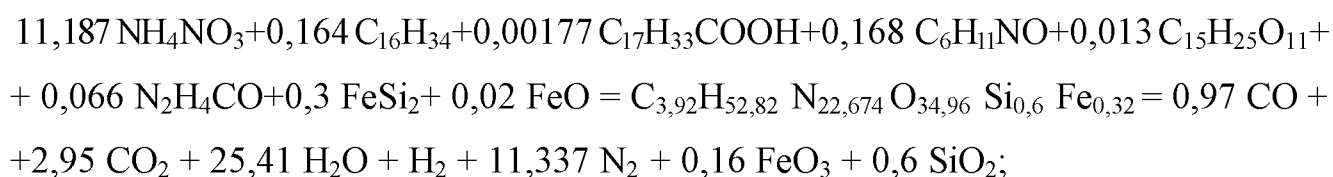
Объем токсичных газов (л/кг), приходящийся на 1 кг ВВ, определяется по формуле

$$V_i = \frac{22,4(Q_i - Q_{i\text{боевик}})}{M_i m}, \quad (6)$$

где 22,4 – молярный объем, л/моль;  $M_i$  – молярная масса  $i$ -го токсичного газа, г/моль;  $m$  – масса заряда, кг.

По описанной методике было определено количество токсичных газов СО и NO+NO<sub>2</sub> в продуктах взрыва для бестротилового промышленного ВВ комполайта ГС6, которое составляет соответственно 20 и 2,1 л/кг, что в перерасчете на условный СО составляет 34,6 л/кг.

По методикам [4, 5] были также проведены теоретические расчеты количества токсичных газов, образующихся в результате взрыва комполайта ПС1.



$$V_{\text{CO}} = 0,97 \text{ моль/кг} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 22 \text{ л/кг}.$$

Из этого следует, что количество СО, выделившегося при взрыве зарядов комполайта ПС, не превышает количества газов, образующихся при взрыве известных бестротильных ВВ.

Перспективы дальнейших исследований в данном направлении состоят в определении влияния погодных условий на выделение токсичных газов, образующихся в результате взрыва зарядов ВВ.

1. Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / Э. И. Ефремов, П. В. Бересневич, В. Д. Петренко и др. / Под ред. Э. И. Ефремова. – Днепропетровск: Сечь, 1996.

2. *Методические указания по определению и расчету неорганизованных выбросов пыли и ядовитых газов массовыми взрывами и экскаваторными забоями в карьерах* / П. В. Бересневич, П. К. Кузьменко, И. В. Фурса. – Кривой Рог, НИИБТГ, 1982. – 27 с.

3. *Бересневич П. В. и др. Методика отбора проб воздуха после массового взрыва в карьере.* – Кривой Рог: НИИБТГ, 1987. – 13 с.

4. *Дубнов Л. В., Бахаревич Н. С., Романов А. М. Промышленные взрывчатые вещества.* – М., Недра, 1978.

5. *Яременко Н. Е., Светлов Б. Л. Теория и технология промышленных взрывчатых веществ.* – М., 1967.