

УДК 622.868.883

С. А. ШЕВЦОВ, *ст. науч. сотрудник,*  
В. Н. МИСЛЯВЦЕВ, *науч. сотрудник,*  
О. М. ЛОТОЦКАЯ, *мл. науч. сотрудник,*  
О. А. ИЛЮЩЕНКО, *мл. науч. сотрудник; МакНИИ, г. Макеевка*

## О РАСЧЕТЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВАЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ГОРЯЩИМИ ПОРОДНЫМИ ОТВАЛАМИ

*Приведен результат расчета неопределенности измерения валовых выбросов вредных веществ горящими породными отвалами при различной интенсивности горения.*

**Ключевые слова:** результаты измерения, неопределенность измерения, валовые выбросы, породный отвал, интенсивность горения.

В условиях интенсивного развития многоотраслевой промышленности и добычи полезных ископаемых окружающая среда испытывает огромные техногенные нагрузки. При этом основная техногенная нагрузка формируется под влиянием горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности. Уровень техногенной нагрузки на окружающую среду в Донбассе достиг критических значений и является наивысшим не только в Европе, но и в мире. В украинской части Донбасса накоплено свыше 10 млрд. т промышленных отходов, а на 1 км<sup>2</sup> общей площади приходится 320 тыс. т отходов. В некоторых промышленных центрах и промышленно-городских агломерациях техногенная нагрузка на окружающую среду превышает 1 млн.т/км<sup>2</sup> (Донецк, Горловка, Макеевка) и достигает 2,5-3,0 млн.т/км<sup>2</sup> (Енакиево, Торез, Дзержинск).

Технологические процессы добычи, обогащения и использования, в частности, сжигания угля, сопровождаются образованием и выделением значительного количества пыли и газов (окислы азота, серы, углерода, сероводорода и др.). Это приводит не только к локальному загрязнению воздушного бассейна, но и к таким глобальным процессам, как парниковый эффект (окислы углерода), нарушающие озоновый слой (метана), в связи с этим в отрасли ежегодно разрабатываются и реализуются планы организа-

ционно-технических мероприятий и долгосрочные программы охраны воздушного бассейна от вредных выбросов.

Среди неорганизованных стационарных источников особое место занимают породные отвалы. На 01.01.2010 г. в отрасли насчитывалось 981 породный отвал, в том числе 179 горящих. Площадь, занятая породными отвалами, составляет 6221,01 га, в них заскладировано около 2,3 млрд. м<sup>3</sup> породы.

Доля выбросов в атмосферу горящими породными отвалами от всех стационарных источников составляет 6,7 %, однако при горении отвалов выделяются наиболее токсичные газообразные вещества, такие как сероводород, сернистый ангидрид, оксиды азота и углерода. Доля сероводорода, поступающего в атмосферу от горения породных отвалов, составляет 87,8 % общего количества.

Чтобы получить достоверные данные по состоянию породных отвалов, необходимо провести их инвентаризацию с регистрацией паспорта на породный отвал, с указанием количества вредных веществ, выделяемых ним в атмосферу.

В 2009 г. был принят «СОУ-П 10.1-00174102.007:2008 Викиди шкідливих речовин з породних відвалів. Методика розрахунку» [1], который стандартизирует измерения и расчет выбросов вредных веществ из породных отвалов. Однако, в выше указанном документе [1] нет данных неопределенности измерения интенсивности выделения вредных веществ из горящего породного отвала.

Современный подход к измерению физических величин требует представления результатов измерения с указанием неопределенности измерения физической величины [2].

Целью данной работы является расчет неопределенности измерения валовых выбросов вредных веществ породными отвалами и угольных шахт и обогатительных фабрик для представления результата измерения в соответствие с современными требованиями к измерениям физических величин.

Согласно [1] были выбраны неблагоприятные условия выделения вредных веществ из горящих породных отвалов и проведен расчет неопределенности измерения вредных веществ, которые представлены CO, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и NO<sub>x</sub>.

Введем обозначения:

$$A = \frac{(T_0 + 273)}{(T_0 + T_i + 546)}, \quad (1)$$

$$v_{li} = \frac{0,5 \cdot k_{\phi} \cdot u_0^2}{L \cdot \nu} + \frac{k_{\phi} \cdot g}{\nu} - 2 \frac{k_{\phi} \cdot g}{\nu} \cdot \frac{(T_0 + 273)}{(T_0 + T_i + 546)} = 4,42050 - 7,78315 \cdot A, \quad (2)$$

где  $k_{\phi} = 5,9504 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ;

$$\nu = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$L = 1,5 \text{ м};$$

$$g = 9,81 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$u_0 = 2 \text{ м/с}.$$

Тогда

$$\frac{\partial A}{\partial T_0} = \frac{(T_0 + T_i + 546) - (T_0 + 273)}{(T_0 + T_i + 546)^2} = \frac{(T_i + 273)}{(T_0 + T_i + 546)^2}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial A}{\partial T_i} = -\frac{(T_0 + 273)}{(T_0 + T_i + 546)^2}. \quad (4)$$

Составим таблицу значений  $\frac{\partial A}{\partial T_0}$ ;  $\frac{\partial A}{\partial T_i}$ ;  $v_{li}$  и т.д. для трех зон измерения температуры пород породного отвала и вычислим неопределенность измерения  $u(V_{li})$  для  $T_0 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , где

$$\frac{\partial v_{li}}{\partial T_0} = 7,78314 \cdot \frac{\partial A}{\partial T_0}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial v_{li}}{\partial T_i} = 7,78314 \cdot \frac{\partial A}{\partial T_i}. \quad (6)$$

Таблица 1

Значения  $\frac{\partial A}{\partial T_0}$ ;  $\frac{\partial A}{\partial T_i}$ ;  $v_{ni}$  и т.д. для трех зон измерения  
температуры пород породного отвала

№ п/п	Величина	I зона		II зона		III зона	
		$T_1=50^{\circ}\text{C}$	$T_1=119^{\circ}\text{C}$	$T_2=121^{\circ}\text{C}$	$T_2=259^{\circ}\text{C}$	$T_3=261^{\circ}\text{C}$	$T_3=600^{\circ}\text{C}$
1	$\frac{\partial A}{\partial T_0} = \frac{(T_i + 273)}{(T_0 + T_i + 546)^2}$	$8,518 \cdot 10^{-4}$	$8,354 \cdot 10^{-4}$	$8,348 \cdot 10^{-4}$	$7,816 \cdot 10^{-4}$	$7,808 \cdot 10^{-4}$	$6,421 \cdot 10^{-4}$
2	$\frac{\partial A}{\partial T_i} = -\frac{(T_0 + 273)}{(T_0 + T_i + 546)^2}$	$7,722 \cdot 10^{-4}$	$6,244 \cdot 10^{-4}$	$6,208 \cdot 10^{-4}$	$4,305 \cdot 10^{-4}$	$4,284 \cdot 10^{-4}$	$2,155 \cdot 10^{-4}$
3	$v_{ni}, \text{ м/с}$	0,718457	1,091363	1,097722	1,656302	1,662988	2,464706
4	$A = \frac{(T_0 + 273)}{(T_0 + T_i + 546)}$	0,475049	0,427737	0,426920	0,355152	0,354293	0,251286
5	$u(T_0) = 0,577^{\circ}\text{C}$	0,577	0,577	0,577	0,577	0,577	0,577
6	$u(T_i), ^{\circ}\text{C}$	3,1	4,879	4,961	10,619	10,701	24,6
7	$\frac{\partial v_{ni}}{\partial T_0} \cdot u(T_0)$	$3,825 \cdot 10^{-3}$	$3,752 \cdot 10^{-3}$	$3,748 \cdot 10^{-3}$	$3,510 \cdot 10^{-3}$	$3,506 \cdot 10^{-3}$	$2,884 \cdot 10^{-3}$
8	$\frac{\partial v_{ni}}{\partial T_i} \cdot u(T_i)$	$1,863 \cdot 10^{-2}$	$2,371 \cdot 10^{-2}$	$2,397 \cdot 10^{-2}$	$3,558 \cdot 10^{-2}$	$3,568 \cdot 10^{-2}$	$4,126 \cdot 10^{-2}$
9	$u(v_{ni}) = \sqrt{\left(\frac{\partial v_{ni}}{\partial T_0} \cdot u(T_0)\right)^2 + \left(\frac{\partial v_{ni}}{\partial T_i} \cdot u(T_i)\right)^2}$	$1,902 \cdot 10^{-2}$	$2,400 \cdot 10^{-2}$	$2,426 \cdot 10^{-2}$	$3,575 \cdot 10^{-2}$	$3,585 \cdot 10^{-2}$	$4,136 \cdot 10^{-2}$
10	$u(v_{ni}), \%$	2,64	2,20	2,21	2,16	2,16	1,68

В таблице 2 приведены для вычисления неопределенности измерения  $u(b_i)$ , где

$$b_i = \frac{2 \cdot v}{0,93 \cdot \sqrt{k\phi}} \cdot \frac{(T_0 + 273)}{(T_0 + T_i + 546)} = 1,322406 \cdot 10^{-2} \cdot A, \quad (7)$$

$$\frac{\partial b_i}{\partial T_0} = 1,322406 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\partial A}{\partial T_0}, \quad (8)$$

$$\frac{\partial b_i}{\partial T_i} = 1,322406 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\partial A}{\partial T_i}. \quad (9)$$

Таблица 2

Значения  $u(b_i)$  для трех зон измерения  
температуры пород породного отвала

№ п/п	Величина	I зона		II зона		III зона	
		$T_1=50^{\circ}\text{C}$	$T_1=119^{\circ}\text{C}$	$T_2=121^{\circ}\text{C}$	$T_2=259^{\circ}\text{C}$	$T_3=261^{\circ}\text{C}$	$T_3=600^{\circ}\text{C}$
1	$b_i = 1,322406 \cdot 10^{-2} \cdot A$	$6,29001 \cdot 10^{-3}$	$5,65642 \cdot 10^{-3}$	$5,64562 \cdot 10^{-3}$	$4,69655 \cdot 10^{-3}$	$4,68519 \cdot 10^{-3}$	$3,32302 \cdot 10^{-3}$
2	$\frac{\partial b_i}{\partial T_0} \cdot u(T_0)$	$6,49947 \cdot 10^{-6}$	$6,37434 \cdot 10^{-6}$	$6,36976 \cdot 10^{-6}$	$5,96383 \cdot 10^{-6}$	$5,95772 \cdot 10^{-6}$	$4,89940 \cdot 10^{-6}$
3	$\frac{\partial b_i}{\partial T_i} \cdot u(T_i)$	$3,16560 \cdot 10^{-5}$	$4,02864 \cdot 10^{-5}$	$4,07273 \cdot 10^{-5}$	$6,04535 \cdot 10^{-5}$	$6,06232 \cdot 10^{-5}$	$7,01047 \cdot 10^{-5}$
4	$u(b_i) =$ $\sqrt{\left(\frac{\partial b_i}{\partial T_0} \cdot u(T_0)\right)^2 + \left(\frac{\partial b_i}{\partial T_i} \cdot u(T_i)\right)^2}$	$3,23163 \cdot 10^{-5}$	$4,07876 \cdot 10^{-5}$	$4,12224 \cdot 10^{-5}$	$6,07469 \cdot 10^{-5}$	$6,09152 \cdot 10^{-5}$	$7,02757 \cdot 10^{-5}$
5	$u(b_i), \%$	0,514	0,721	0,730	1,293	1,300	2,115

В табл. 3 представлены для вычисления неопределенности измерения  $u(V_i)$ , где

$$v_i = \frac{2 \cdot v_{li}}{\left[1 + \sqrt{1 + \frac{4v_{li}}{\epsilon_i}}\right]}, \quad (10)$$

$$\frac{\partial v_i}{\partial v_{li}} = \frac{2 \cdot \left( b_i \cdot \sqrt{1 + \frac{4v_{li}}{\epsilon_i}} + \epsilon_i + 2 \cdot v_{li} \right)}{\epsilon_i \cdot \sqrt{1 + \frac{4v_{li}}{\epsilon_i}} \cdot \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4v_{li}}{\epsilon_i}}\right]^2}, \quad (11)$$

$$\frac{\partial v_i}{\partial \epsilon_i} = \frac{4 \cdot v_{li}^2}{\epsilon_i \cdot \sqrt{1 + \frac{4v_{li}}{\epsilon_i}} \cdot \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4v_{li}}{\epsilon_i}}\right]^2}. \quad (12)$$

Таблица 3

Значения  $u(V_i)$  для трех зон измерения  
температуры пород породного отвала

№ п/п	Величина	I зона		II зона		III зона	
		$T_1=50^0\text{C}$	$T_1=119^0\text{C}$	$T_2=121^0\text{C}$	$T_2=259^0\text{C}$	$T_3=261^0\text{C}$	$T_3=600^0\text{C}$
1	$\sqrt{1 + \frac{4v_{ni}}{\epsilon_i}}$	21,39831	27,79873	27,90611	37,57199	37,69327	54,47776
2	$[1 + \sqrt{1 + \frac{4v_{ni}}{\epsilon_i}}]^2$	501,687	829,366	835,563	1487,798	1497,169	3077,782
3	$\frac{\partial v_i}{\partial v_{ni}} \cdot u(v_{ni})$	$8,888558 \cdot 10^{-4}$	$8,63562 \cdot 10^{-4}$	$8,69409 \cdot 10^{-4}$	$9,51593 \cdot 10^{-4}$	$9,51155 \cdot 10^{-4}$	$7,5923 \cdot 10^{-4}$
4	$\frac{\partial v_i}{\partial v_{ni}}$	$4,67327 \cdot 10^{-2}$	$3,59729 \cdot 10^{-2}$	$3,58345 \cdot 10^{-2}$	$2,66156 \cdot 10^{-2}$	$2,65299 \cdot 10^{-2}$	$1,83561 \cdot 10^{-2}$
5	$v_i, \text{м/с}$	0,06415	0,07579	0,07595	0,08588	0,08598	0,08885
6	$\frac{\partial v_i}{\partial \epsilon_i}$	4,86126	6,45868	6,48549	8,89963	8,9300	13,12403
7	$\frac{\partial v_i}{\partial \epsilon_i} \cdot u(\epsilon_i)$	$1,57100 \cdot 10^{-4}$	$2,63434 \cdot 10^{-4}$	$2,67347 \cdot 10^{-4}$	$5,40625 \cdot 10^{-4}$	$5,43969 \cdot 10^{-4}$	$9,22300 \cdot 10^{-4}$
8	$u(v_i) =$ $= \sqrt{\left(\frac{\partial v_i}{\partial v_{ni}} \cdot u(v_{ni})\right)^2 + \left(\frac{\partial v_i}{\partial \epsilon_i} \cdot u(\epsilon_i)\right)^2}$	$9,02632 \cdot 10^{-4}$	$9,02849 \cdot 10^{-4}$	$9,09578 \cdot 10^{-4}$	$10,9443 \cdot 10^{-4}$	$10,957 \cdot 10^{-4}$	$11,946 \cdot 10^{-4}$

В таблице 4 внесены вычисления неопределенности измерения  $u(v_{mi})$ , где

$$v_{mi} = \sqrt{n_i \cdot \alpha \cdot \beta} = 0,298381 \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_i + 0,089031}{\left[\frac{2850}{t^0\text{C}} - 1 - \frac{0,089031}{v_i}\right]}}, \quad (13)$$

$$\frac{\partial v_{mi}}{\partial v_i} = \frac{a \left[ \frac{c}{t} - \left( \frac{b}{v_i} + 1 \right)^2 \right]}{2 \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_i + 0,089031}{\left[\frac{2850}{t^0\text{C}} - 1 - \frac{0,089031}{v_i}\right]} \cdot \left[ \frac{2850}{t^0\text{C}} - 1 - \frac{0,089031}{v_i} \right]^2}}, \quad (14)$$

$$\frac{\partial v_{mi}}{\partial t} = \frac{a \cdot c}{2} \cdot \frac{\sqrt{c_i + b}}{t^2 \cdot \sqrt{\left[ \frac{2850}{t^{0C}} - 1 - \frac{0,089031}{v_i} \right]} \cdot \left[ \frac{2850}{t^{0C}} - 1 - \frac{0,089031}{v_i} \right]^2}, \quad (15)$$

$$a = 0,298381;$$

$$b = 0,089031;$$

$$c = 2850.$$

Таблица 4

Вычисления неопределенности измерения  $u(v_{mi})$   
для зон измерения температуры пород породного отвала

№ п/п	Величина	I зона		II зона		III зона	
		$T_1=50^{\circ}\text{C}$	$T_1=119^{\circ}\text{C}$	$T_2=121^{\circ}\text{C}$	$T_2=259^{\circ}\text{C}$	$T_3=261^{\circ}\text{C}$	$T_3=600^{\circ}\text{C}$
1	$\sqrt{\frac{\sqrt{c_i + 0,089031}}{\left[ \frac{2850}{t^{0C}} - 1 - \frac{0,089031}{v_i} \right]}}$	0,0529617	0,0869975	0,0878415	0,139663	0,140348	0,254426
2	$\left[ \frac{2850}{t^{0C}} - 1 - \frac{0,089031}{v_i} \right]$	54,6122	21,7749	21,38150	8,96718	8,88378	2,74800
3	$\frac{\partial v_{mi}}{\partial v_i}$	0,0484511	0,0816297	0,0823989	0,0910761	0,0922084	0,05761796
4	$\frac{\partial v_{mi}}{\partial v_i} \cdot u(c_i)$	$4,3734 \cdot 10^{-5}$	$7,3699 \cdot 10^{-5}$	$7,4948 \cdot 10^{-5}$	$9,9677 \cdot 10^{-5}$	$10,1033 \cdot 10^{-5}$	$6,883 \cdot 10^{-5}$
5	$v_{mi}, \text{M/C}$	0,015803	0,02596	0,026210	0,041673	0,04188	0,075916
6	$\frac{\partial v_{mi}}{\partial t}$	$1,64937 \cdot 10^{-4}$	$1,19975 \cdot 10^{-4}$	$1,19310 \cdot 10^{-4}$	$9,87219 \cdot 10^{-5}$	$9,8608 \cdot 10^{-5}$	$1,093 \cdot 10^{-4}$
7	$\frac{\partial v_{mi}}{\partial t} \cdot u(c)$	$5,11306 \cdot 10^{-4}$	$5,8536 \cdot 10^{-4}$	$5,91897 \cdot 10^{-4}$	$10,483 \cdot 10^{-4}$	$10,5511 \cdot 10^{-4}$	$2,6901 \cdot 10^{-4}$
8	$u(v_{mi}) =$ $= \sqrt{\left( \frac{\partial v_{mi}}{\partial v_i} \cdot u(v_i) \right)^2 + \left( \frac{\partial v_{mi}}{\partial t} \cdot u(t) \right)^2}$	$5,1317 \cdot 10^{-4}$	$5,900 \cdot 10^{-4}$	$5,966 \cdot 10^{-4}$	$10,5306 \cdot 10^{-4}$	$10,600 \cdot 10^{-4}$	$2,6910 \cdot 10^{-4}$
9	$u(v_{mi}), \%$	3,2	2,3	2,3	2,6	2,5	3,5

В таблице 5 представлены для вычисления неопределенности измерения  $u(T_{mi})$ , где

$$T_{mi} = 2850 \left( \frac{v_{mi}}{v_{mi} + 0,08903} \right)^2, \quad (16)$$

$$\frac{\partial T_{mi}}{\partial v_{mi}} = 2 \cdot 2850 \cdot 0,08903 \frac{v_{mi}}{(v_{mi} + 0,08903)^3} = 507,47863 \frac{v_{mi}}{(v_{mi} + 0,08903)^3} = a \frac{v_{mi}}{(v_{mi} + b)^3}, \quad (17)$$

$$a = 507,47863;$$

$$b = 0,08903.$$

Таблица 5

Значения  $u(T_{mi})$  для трех зон измерения температуры  
пород породного отвала

№ п/п	Величина	I зона		II зона		III зона	
		$T_1=50^{\circ}\text{C}$	$T_1=119^{\circ}\text{C}$	$T_2=121^{\circ}\text{C}$	$T_2=259^{\circ}\text{C}$	$T_3=261^{\circ}\text{C}$	$T_3=600^{\circ}\text{C}$
1	$\frac{\partial T_{mi}}{\partial v_{mi}}$	6960,55	8664,17	8690,86	9471,14	9473,09	8584,51
2	$\frac{\partial T_{mi}}{\partial v_{mi}} \cdot u(v_{mi})$	3,572	5,112	5,185	9,974	10,041	23,101
3	$T_{mi}, ^{\circ}\text{C}$	64,76	145,253	147,422	289,716	291,652	603,7
4	$u(T_{mi}), ^{\circ}\text{C}$	3,572	5,112	5,185	9,974	10,041	23,101
5	$u(T_{mi}), \%$	5,5	3,5	3,5	3,4	3,4	3,8

В табл. 6 вычисления неопределенности измерения  $u(q_{co})$ ,  
где

$$q_{co} = 15,31 + 0,2148 \cdot T_{mi}, \quad (18)$$

$$\frac{\partial q_{co}}{\partial T_{mi}} = 0,2148. \quad (19)$$



Таблица 6

Вычисления неопределенности измерения  $u(q_{CO})$   
для трех зон измерения температуры пород породного отвала

№ п/п	Величина	I зона		II зона		III зона	
		$T_1=50^{\circ}\text{C}$	$T_1=119^{\circ}\text{C}$	$T_2=121^{\circ}\text{C}$	$T_2=259^{\circ}\text{C}$	$T_3=261^{\circ}\text{C}$	$T_3=600^{\circ}\text{C}$
1	$q_{CO}$ , мг/с·м <sup>2</sup>	29,22	46,51	46,98	77,54	77,96	144,98
2	$u(q_{CO}) = \frac{\partial q_{CO}}{\partial T_{mi}} \cdot u(T_{mi})$	0,7673	1,0981	1,1137	2,1424	2,1568	4,9621
3	$u(q_{CO})$ , %	2,6	2,4	2,4	2,8	2,8	3,4

В табл. 7 вычисления неопределенности измерения  $u(q_{SO_2})$ ,

где

$$q_{SO_2} = 2,847 + 0,0546 \cdot T_{mi}, \quad (20)$$

$$\frac{\partial q_{SO_2}}{\partial T_{mi}} = 0,0546. \quad (21)$$

Таблица 7

Вычисления неопределенности измерения  $u(q_{SO_2})$   
для трех зон измерения температуры пород породного отвала

№ п/п	Величина	I зона		II зона		III зона	
		$T_1=50^{\circ}\text{C}$	$T_1=119^{\circ}\text{C}$	$T_2=121^{\circ}\text{C}$	$T_2=259^{\circ}\text{C}$	$T_3=261^{\circ}\text{C}$	$T_3=600^{\circ}\text{C}$
1	$u(q_{SO_2}) = \frac{\partial q_{SO_2}}{\partial T_{mi}} \cdot u(T_{mi})$	0,19503	0,279115	0,2831	0,5446	0,5482	1,2613
2	$q_{SO_2}$ , мг/с·м <sup>2</sup>	5,577	9,3444	9,4536	16,9888	17,0976	35,607
3	$u(q_{SO_2})$ , %	3,5	3,0	3,0	3,2	3,2	3,5

В табл. 8 вычисления неопределенности измерения  $u(q_{H_2S})$ ,

где

$$q_{H_2S} = 14,52 \cdot e^{\left[ -6,7 \cdot 10^{-5} (T_{mi} - 265)^2 \right]}, \quad (22)$$

$$\frac{\partial q_{H_2S}}{\partial T_{mi}} = -1,94568 \cdot 10^{-3} (T_{mi} - 265) e^{\left[ -6,7 \cdot 10^{-5} (T_{mi} - 265)^2 \right]}. \quad (23)$$

Таблица 8

Вычисления неопределенности измерения  $u(q_{H_2S})$   
для трех зон измерения температуры пород породного отвала

№ п/п	Величина	I зона		II зона		III зона	
		$T_1=50^0C$	$T_1=119^0C$	$T_2=121^0C$	$T_2=259^0C$	$T_3=261^0C$	$T_3=600^0C$
1	$u(q_{H_2S}) = \frac{\partial q_{H_2S}}{\partial T_{mi}} \cdot u(T_{mi})$	0,06751	0,34815	0,36209	0,11616	0,07806	-0,0081706
2	$q_{H_2S}$ , мг/с·м <sup>2</sup>	0,65603	3,4811	3,61906	14,48502	14,50444	$7,879 \cdot 10^{-3}$
3	$u(q_{H_2S})$ , %	10,3	10,00	10,00	0,80	0,54	104

В табл. 9 вычисления неопределенности измерения  $u(q_{NO_x})$ ,

где

$$q_{NO_x} = 0,575 + 3,839 \cdot 10^{-4} \cdot T_{mi}, \quad (24)$$

$$\frac{\partial q_{NO_x}}{\partial T_{mi}} = 3,839 \cdot 10^{-4}. \quad (25)$$

Таблица 9

Вычисления неопределенности измерения  $u(q_{NO_x})$   
для трех зон измерения температуры пород породного отвала

№ п/п	Величина	I зона		II зона		III зона	
		$T_1=50^0C$	$T_1=119^0C$	$T_2=121^0C$	$T_2=259^0C$	$T_3=261^0C$	$T_3=600^0C$
1	$\frac{\partial q_{NO_x}}{\partial T_{mi}} \cdot u(T_{mi})$	$1,3713 \cdot 10^{-3}$	$1,9625 \cdot 10^{-3}$	$1,9905 \cdot 10^{-3}$	$3,829 \cdot 10^{-3}$	$3,8547 \cdot 10^{-3}$	$8,8685 \cdot 10^{-3}$
2	$q_{NO_x}$ , мг/с·м <sup>2</sup>	0,5942	0,6207	0,6215	0,6744	0,6752	0,8053
3	$u(q_{NO_x})$ , %	0,23	0,32	0,32	0,57	0,57	1,1

В табл. 10 вычисления неопределенности измерения  $u(q)$  интенсивности валовых выбросов вредных веществ,

где

$$q = q_{CO} + q_{SO_2} + q_{H_2S} + q_{NO_x}, \quad (26)$$

$$u(q) = u(q_{CO}) + u(q_{SO_2}) + u(q_{H_2S}) + u(q_{NO_x}). \quad (27)$$

Таблица 10

Вычисления неопределенности измерения  $u(q)$  интенсивности валовых выбросов вредных веществ для трех зон измерения температуры пород породного отвала

№ п/п	Величина	I зона		II зона		III зона	
		$T_1=50^{\circ}\text{C}$	$T_1=119^{\circ}\text{C}$	$T_2=121^{\circ}\text{C}$	$T_2=259^{\circ}\text{C}$	$T_3=261^{\circ}\text{C}$	$T_3=600^{\circ}\text{C}$
1	$q$ , мг/с·м <sup>2</sup>	36,047	59,956	60,6746	109,69	110,239	181,403
2	$u(q)$ , мг/с·м <sup>2</sup>	1,0317	1,7274	1,7608	2,807	2,787	6,2404
3	$u(q)$ , %	2,9	2,9	2,9	2,6	2,5	3,5

## ВЫВОДЫ

Расчет неопределенности измерения валовых выбросов позволил установить неопределенность измерения валовых выбросов вредных веществ породными отвалами при различной интенсивности горения (широкий диапазон температуры горения породного отвала) не превышает 3,5 %, что приемлемо для представления результата.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Викиди шкідливих речовин з породних відвалів. Методика розрахунку: СОУ-П 10.1-00174102.007:2008. – Вид. офіц. – К.: Мінвуглепром України, 2008. – 12 с. – (Нормативний документ Мінвуглепрому України).
2. Методики выполнения измерений. Основные положения: ГОСТ 8.010-99. – [Введен 2002-05-01.]. – К.: Госстандарт Украины, 2002. – 15 с. – (Межгосударственный стандарт).

Получено: 20.05.2013

*Наведено результат розрахунку невизначеності вимірів валових викидів шкідливих речовин палаючими породними відвалами за різною інтенсивністю горіння.*

**Ключові слова:** результати виміру, невизначеність виміру, валові викиди, породний відвал, інтенсивність горіння.

*The result of calculation of uncertainty of measurements of harmful substances gross emission by burning waste heaps is provided by taking into account different combustion rate.*

**Key words:** measuring results, measuring vagueness, gross extrass, pedigree dump, intensity of burning.