

## ГОРНОЕ ДЕЛО

---

УДК 622.454.2

**Л.Ю. Левин, А.В. Зайцев, Л.Л. Новоселицкая**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический институт, Россия

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВОЙ ОБСТАНОВКИ В ТУПИКОВОЙ ВЫРАБОТКЕ ПРИ НАЛИЧИИ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ПОТОКОВ**

Описывается исследование газовой обстановки в тупиковых горных выработках при применении рециркуляционного проветривания с помощью вентилятора местного проветривания.

**Ключевые слова:** рециркуляция, вентилятор местного проветривания, газовая обстановка, тупиковый забой.

**L.Y. Levin, A.V. Zaytsev, L.L. Novoselitskaya**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia  
Mining Institute, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

### **STUDY OF THE GAS SITUATION IN THE PRESENCE OF ELABORATION DOME RECIRCULATING FLOWS**

Study of the gas situation in the dead-end mountain dyrabortkah when using recirculating ventilation with local ventilation fan is described.

**Keywords:** recycling, local ventilation fan, gas atmosphere, dead face.

На рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей существующие системы разработки предполагают наличие большого количества тупиковых выработок, проветриваемых при помощи ВМП. Согласно ПБ 03-553-03 [1] регламентирован запас по расходу воздуха, подаваемого к всосу вентилятора, составляющий 43 % от его производительности.

С учетом различных коэффициентов запаса, принятых в соответствии с расчетом количества воздуха, дополнительный расход воздуха составляет значительную часть производительности ГВУ и, соответственно, значительную долю электроэнергии, затрачиваемую на проветривание.

Основным фактором при расчете необходимого количества воздуха для проветривания рабочих зон является газовый фактор. При этом правилами безопасности на калийных рудниках разрешается частичное повторное использование воздуха, что является одним из способов энергосберегающего проветривания.

В работе проводится исследование газовой обстановки в забое при наличии рециркуляционных контуров и дан анализ возможности применения рециркуляционного проветривания тупиковых горных выработок.

Рассмотрим схему проветривания рабочей зоны нагнетательным способом при наличии рециркуляционных потоков (рисунок).

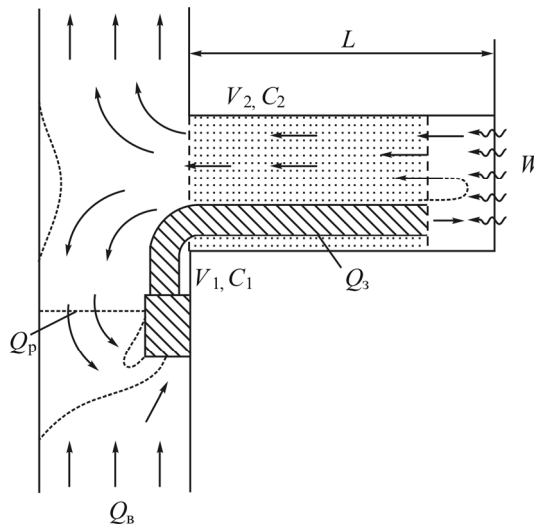


Рис. Рециркуляция в рабочей зоне

В рабочую зону поступает свежий воздух  $Q_{\text{в}}$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ). Проветривание осуществляется вентилятором местного проветривания с вентиляционным ставом длиной  $L_1$  (м), который подает в рабочую зону некоторое количество воздуха  $Q_3$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) концентрацией  $C_1$  (%). Из массива в забое рабочей зоны происходит газовыделение, мощностью  $W$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ).

Загрязненный воздух концентрацией  $C_2$  (%) движется от забоя по тупиковой выработке объемом  $V_2$  ( $\text{м}^3$ ). Часть воздуха при выходе из рабочей зоны  $Q_p$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) поступает на повторное проветривание.

Уравнения баланса газовой примеси для объемов  $V_1$  и  $V_2$  позволяют составить следующую систему обыкновенных дифференциальных уравнений для определения концентраций [2]:

$$\frac{dC_1}{dt} = \frac{C_2 Q_p + C_0 Q_a - (Q_a + Q_p) C_1}{V_1},$$

$$\frac{dC_2}{dt} = \frac{\left( C_1 + \frac{W}{Q_b + Q_p} \right) (Q_b + Q_p) - C_2 Q_p + C_2 Q_b}{V_2}.$$

Полученная система уравнений решалась методом конечных разностей в программном комплексе «Mathematica». Это позволило получить концентрации газа воздушной струи на входе и выходе из рабочей зоны.

Для исследования газовой обстановки рабочей зоны был проведен ряд численных экспериментов для условий:

- 1) в зависимости от длины тупиковой выработки: 40; 220 м;
- 2) в зависимости от процента рециркулируемого воздуха:  $Q_p = 0$ ;  $Q_p = 1/3 Q_3$ ;  $Q_p = 2/3 Q_3$ .

Для построения графиков были выбраны три режима газовыделения, общее время действия которых составляло 180 мин: максимальный ( $W_{\text{пик}} = 0,0001105365 \text{ м}^3/\text{с}$ , действует в период 10–80 мин), среднесуточный ( $W_{\text{ср}} = 0,000059 \text{ м}^3/\text{с}$ , действует в период 80–150 мин) и нулевой (действует после 150 мин).

Количество свежего воздуха, поступающего в рабочую зону, является величиной постоянной ( $Q_b = 3,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

Таким образом, рассчитаны шесть вариантов расчета. Ниже приведены результаты расчета газовой обстановки в каждом варианте.

Вариант 1. Длина тупиковой выработки  $L = 40$  м. Количество рециркулируемого воздуха  $Q_p = 0$ .

Результаты измерений при различном соотношении рециркулируемого и свежего количества воздуха, при длине тупиковой выработки 40 м, приведены в табл. 1, где  $\Delta t$  – интервал времени (мин), за который концентрация выходит на стационарное значение.

Таблица 1

Показатели рециркуляционного проветривания  
при длине тупиковой выработки 40 м

$Q_p$	$Q_3$	$C_{\text{пик}} \cdot 10^{-4}, \%$ $\Delta t, \text{ мин}$				$C_{\text{ср}} \cdot 10^{-4}, \%$ $\Delta t, \text{ мин}$				$\Delta t,$ при $C = 0$	
		$C_1$	$\Delta t_1$	$C_2$	$\Delta t_2$	$C_1$	$\Delta t_1$	$C_2$	$\Delta t_2$	$\Delta t_1$	$\Delta t_2$
0	3,8	–	–	29,089	23	–	–	15,535	18	–	15
1,9	5,7	9,696	15	29,089	17	5,175	12	15,175	15	11	14
7,6	11,8	19,392	17	29,089	19	10,357	15	15,536	16	13	13

Вариант 2. Длина выработки  $L = 220$  м. Количество рециркулируемого воздуха  $Q_p = 2/3 Q_3$ .

Результаты измерений при различном соотношении рециркулируемого и свежего количества воздуха, при длине тупиковой выработки 220 м, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели рециркуляционного проветривания  
при длине тупиковой выработки 220 м

$Q_p$	$Q_3$	$C_{\text{пик}} * 10^{-4}, \%$ $\Delta t, \text{ мин}$				$C_{\text{ср}} * 10^{-4}, \%$ $\Delta t, \text{ мин}$				$\Delta t,$ при $C = 0$	
		$C_1$	$\Delta t_1$	$C_2$	$\Delta t_2$	$C_1$	$\Delta t_1$	$C_2$	$\Delta t_2$	$\Delta t_1$	$\Delta t_2$
0	3,8	–	–	28,819	70	–	–	15,699	62	–	62
1,9	5,7	9,603	65	28,811	68	5,218	59	15,653	64	55	63
7,6	11,8	19,201	69	28,803	69	10,438	62	15,657	66	65	65

В соответствии с полученными данными можно сделать вывод, что значение концентрации в стационарном режиме проветривания на входе и выходе рабочей зоны не зависит от длины тупиковой выработки. При этом за счет изменения общего объема проветриваемого пространства время выхода на стационарный режим значительно увеличилось.

При увеличении процента рециркулируемого воздуха концентрация газовой примеси в воздухе, подаваемом в тупиковую выработку, возрастает, что делает невозможным применение рециркуляции без применения дополнительных технических средств и решений.

### Библиографический список

1. ПБ 03-553-03. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом / НТЦ «Промышленная безопасность». – М., 2003. – 199 с.
2. Ушаков К.З. Газовая динамика шахт. – М.: Недра, 2004. – 481 с.

### References

1. PB 03-553-03. Uniform rules for safety in the mining of ore, non-metallic and placer deposits of minerals by underground mining. STC «Industrial safety». – М., 2003. – 199 p.
2. Ushakov K.Z. Gas dynamics of mines. – М.: Nedra, 2004. – 481 p.

### Об авторах

**Левин Лев Юрьевич** (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры РМПИ Пермского национального исследовательского политехнического университета, Горный институт УрО РАН, г. Пермь (614990, г. Пермь, Комсомольский просп., 29, artzait@rambler.ru).

**Зайцев Артем Вячеславович** (Пермь, Россия) – аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский просп., 29, artzait@rambler.ru).

**Новоселицкая Любовь Леонидовна** (Пермь, Россия) – студент кафедры РМПИ Пермского национально исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский просп., 29).

### About the authors

**Levin Lev Yurievitch** (Perm, Russia) – Dr., professor, Department of development mineral resources fields, Perm National Research Polytechnic University, Mining Institute, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm (614990, Perm, Komsomolsky avenue, 29, artzait@rambler.ru).

**Zaytsev Artem Vyatcheslavovitch** (Perm, Russia) – PhD student Perm National Research Polytechnic University, Mining Institute, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, (614990, Perm, Komsomolsky avenue, 29, artzait@rambler.ru).

**Novoselitskaya Lubov Leonidovna** (Perm, Russia) – student, Department of development mineral resources fields, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky avenue, 29).

Получено 14.03.2012