

Ш. И. ОНИАНИ, О. А. ЛАНЧАВА

ТЕПЛОМАССООБМЕН В ОЧИСТНЫХ И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ  
 ВЫРАБОТКАХ ГЛУБОКИХ ШАХТ

(Представлено академиком В. И. Гомелаури 8.7.1983)

В подготовительных и очистных выработках из-за незначительной продолжительности проветривания, теплообменные процессы протекают интенсивнее, чем в капитальных выработках. Кроме того, в этих выработках скорость вентиляционного потока сравнительно низка и отрицательное влияние ненормальных климатических условий более ощутимо для рабочих. Поэтому своевременный и достоверный прогноз микроклимата в значительной степени предопределяет успешное проведение мероприятий по улучшению климатических условий этих выработок. Для правильного прогноза теплового режима большое значение имеет знание характера распределения потенциалов переноса энергии и массы в окружающем горном массиве.

Как известно, система дифференциальных уравнений тепло- и массопереноса в горном массиве имеет следующий вид [1]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha \nabla^2 t + \varepsilon r \frac{c_m}{c} \frac{\partial \Theta}{\partial \tau}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} = \alpha_m \nabla^2 \Theta + \alpha_m \delta_{\Theta} \nabla^2 t \quad (2)$$

где  $t, \Theta$  — соответственно температура и потенциал массопереноса горного массива, °С, Дж/моль;  $\alpha, \alpha_m$  — коэффициенты температуропроводности и потенциалопроводности массопереноса горных пород, м<sup>2</sup>/ч;  $\nabla^2$  — оператор Лапласа;  $\varepsilon$  — критерий фазового превращения влаги в горном массиве;  $\tau$  — удельная энергия фазового превращения водапар, кДж/кг;  $c$  — удельная теплоемкость горной породы, кДж/кг. град;  $c_m$  — удельная массоемкость горной породы, моль/Дж;  $\tau$  — время, ч;  $\delta_{\Theta}$  — термоградиентный коэффициент, отнесенный к разности потенциалов массопереноса, Дж/моль.град.

В начале проветривания, т. е. в момент зарождения теплообменного процесса, испарение влаги происходит о поверхности выработок. Поэтому критерий фазового превращения влаги в массиве  $\varepsilon = 0$ , т. е. в рассматриваемом случае отсутствует эффект Соре и уравнение (1) принимает вид

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha \nabla^2 t \quad (3)$$

Следует отметить, что для свежепройдённых выработок, время проветривания которых составляет около одного года, критерий фазового превращения незначительно отличается от нуля. Поэтому в рассматриваемом случае уравнение (3) удовлетворительно описывает процесс переноса энергии в окружающем горном массиве, хотя, строго говоря, система дифференциальных уравнений при  $\varepsilon = 0$  не замыкается [2].

В этих выработках на разделе двухкомпонентной системы «горный массив — рудничный воздух» протекает неизотермический процесс массопереноса, описываемый дифференциальным уравнением (2). Исходя из вышеизложенного, система дифференциальных уравнений тепло-массопереноса, в окружающем свежепройдённые выработки горном массиве, имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial t}{\partial \tau} &= \alpha \nabla^2 t, \\ \frac{\partial \Theta}{\partial \tau} &= \alpha_m (\nabla^2 \Theta + \delta_{\Theta} \nabla^2 t) \end{aligned} \quad (4)$$

Краевые условия следующие :

$$\tau = 0, R = R_0: t(R_0, 0) = t_0; \Theta(R_0, 0) = \Theta_0 \quad (5)$$

$$\tau > 0, R \rightarrow \infty; t(R, \tau) \rightarrow t_0; \Theta(R, \tau) \rightarrow \Theta_0$$

$$\tau > 0, R = R_0: \quad (6)$$

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial R} + \alpha (t_{CT} - t_B) + \alpha_m r (\Theta_{CT} - \Theta_B) = 0, \quad (7)$$

$$-\lambda_m \frac{\partial \Theta}{\partial R} - \lambda_m \delta_{\Theta} \frac{\partial t}{\partial R} + \alpha_m (\Theta_{CT} - \Theta_B) = 0, \quad (8)$$

где  $R_0$  — эквивалентный радиус сечения горной выработки, м;  $t_0, \Theta_0$  — естественная температура и естественный потенциал массопереноса горного массива;  $R$  — цилиндрическая координата;  $\lambda_m$  — коэффициент массопроводности, кг. Моль/Дж. м. ч;  $\Theta_{CT}, \Theta_B$  — соответственно потенциалы массопереноса стенок горной выработки и воздуха;  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности горных пород, Вт/м<sup>2</sup>-град;  $\alpha$  — коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup>-град;  $t_{CT}, t_B$  — соответственно температура стенок горной выработки и воздуха;  $\alpha_m$  — коэффициент массоотдачи, кг-моль/Дж. м<sup>2</sup>. ч.

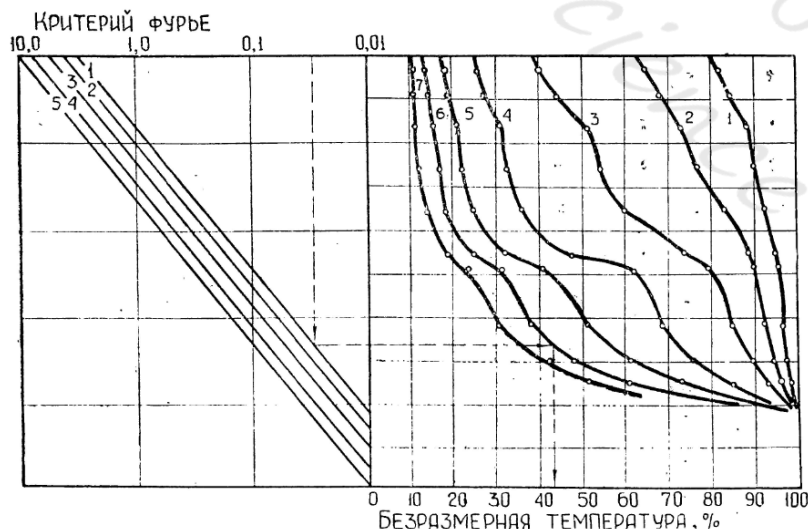


Рис. 1. Критериальная номограмма для определения безразмерной температуры на поверхности выработок. Цифровые обозначения на левой диаграмме: 1-отсутствие массообмена;  $2 - K = \frac{\alpha_m \cdot 10^6}{\alpha} = 0,5$ ; 3 -  $K = 1,0$ ; 4 -  $K = 1,5$ ; 5 -  $K = 2,0$ . То же на правой диаграмме: 1 -  $Bi = 1,0$ ; 2 -  $Bi = 1,5$ ; 3 -  $Bi = 3$ ; 4 -  $Bi = 6$ ; 5 -  $Bi = 8$ ; 6 -  $Bi = 20$ ; 7 -  $Bi = 40$

Решение системы дифференциальных уравнений (4) с краевыми условиями (5)-(8) связано с принципиальными математическими трудностями. Поэтому поставленная задача нами была решена методом математического моделирования. В этом случае, процессы теплопереноса моделируются на электропроводной бумаге с распределенными параметрами, а процессы массопереноса — на блочных электрических сетках электроинтегратора БУСЭ.

В результате моделирования получено распределение безразмерных потенциалов переноса энергии и массы в окружающем горном массиве. Обработка результатов математического моделирования произведена при  $R = R_0$ , т. е. получено распределение относительных потенциалов переноса массы и энергии на поверхности горных выработок.

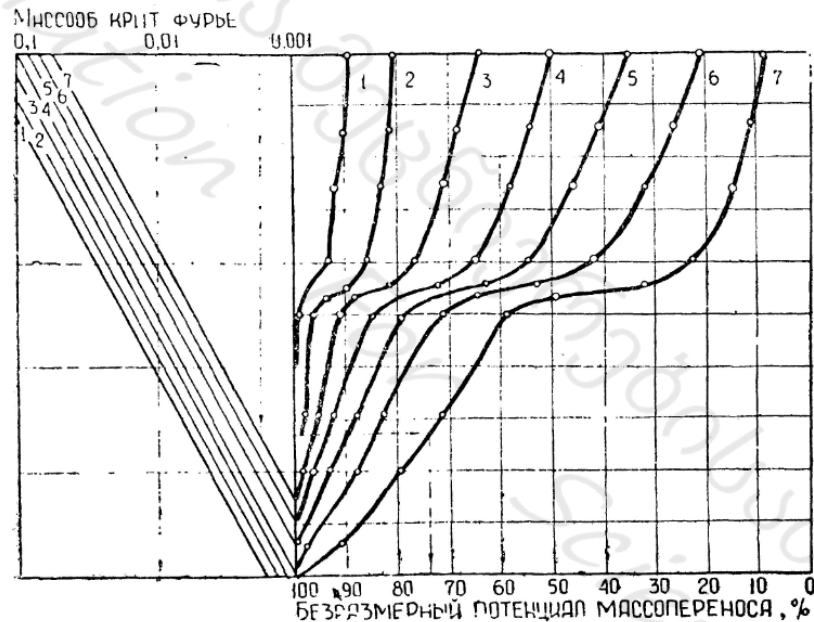


Рис. 2. Критериальная номограмма для определения безразмерного потенциала массопереноса на поверхности выработок. Цифровые обозначения на левой диаграмме: 1 -  $Pn_m = 0,105$ ; 2 -  $Pn_m = 0,09$ ; 3 -  $Pn_m = 0,065$ ; 4 -  $Pn_m = 0,05$ ; 5 -  $Pn_m = 0,035$ ; 6 -  $Pn_m = 0,02$ ; 7 -  $Pn_m = 0,005$ . То же на правой диаграмме: 1 -  $Bi_m = 0,5$ ; 2 -  $Bi_m = 1,0$ ; 3 -  $Bi_m = 2,0$ ; 4 -  $Bi_m = 3,5$ ; 5 -  $Bi_m = 6$ ; 6 -  $Bi_m = 10$ ; 7 -  $Bi_m = 40$

На рис. 1 и 2 приведены номограммы, с помощью которых можно определить безразмерную температуру и безразмерный потенциал массопереноса для поверхности горной выработки. Пользование номограммой показано пунктирной линией и стрелками.



При расчете подземного микроклимата с помощью приведенных номограмм учитывается не только теплопередача от неохлажденных горных пород, но и неизотермическая массоотдача с поверхности и взаимное влияние этих процессов в свежeproйденных горных выработках.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт горной механики  
им. Г. А. Цулукидзе

(Поступило 28.10.1983)

თბოტექნიკა

შ. ონიანი, ო. ლანჩავა

**სითბოსა და მასის გაცემა ღრმა შახტების საწმენდ და  
მოსამზადებელ გვირაბებში  
რ ე ზ ი უ მ ე**

შესწავლილია სითბოსა და მასის გაცემის პროცესების ინტენსიურობა და მათი ურთიერთზემოქმედება ღრმა შახტების საწმენდი და მოსამზადებელი გვირაბებისათვის. გვირაბის ზედაპირისათვის მოცემულია მასის გადატანის უგანზომილებო პოტენციალისა და ტემპერატურის განსასაზღვრავი ნომოგრამები.

HEAT ENGINEERING

Sh. I. ONIANI, O- A. LANCHAVA

**HEAT MASS EXCHANGE IN THE BROKEN AND ADVANCE WORKINGS OF DEEP MINES**

Summary

The intensity and mutual intereffect of heat mass exchange processes in broken and advance workings of deep mines have been investigated. The nomograms determining the dimensionless potentials and temperature of the mass transfer are given.

ლიტერატურა- ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. В. Лыков, Ю. А. Михайлов. Теория тепло -и массопереноса. М.—Л., 1963.
2. Дж. Метъ юз, Р. Уокер. Математические методы физики. М. 1972.