

# THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF THE NON-STATIONARY HEAT CONDUCTION OF A TUNNEL UNDER CONDITIONS OF RADIAL VARIATION OF THERMAL PROPERTIES

Authors S.L. BOLKVADZE, O.A. LANCHAVA, S.I. ONIANI

Publication date 1984

Journal Bulletin of the Academy of Sciences of the Georgian SSR

Description Summary. The problem of building the temperature field over the heat exchange surface and in the surrounding rock mass of workings in conditions of constant and variable analogous problem has been solved by mathematical modeling. The results obtained by various methods show good agreement.

Volume 113

Issue 3

Pages 581-584

## REFERENCES

1. O.A. Ланчава. О тепломассообмене в капитальных горных выработках. ФТПРПИ, №6, Наука, Новосибирск, 1982.
2. П.П. Юшков. Труды Ленингр. Технолог. ин-та холодильной промышленности, т. XIV, 1956.

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОБОГАЩЕНИЕ

С. Л. БОЛКВАДЗЕ, О. А. ЛАНЧАВА, Ш. И. ОНИАНИ

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ  
ВЫРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ РАДИАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ  
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНОГО МАССИВА

(Представлено академиком А.А. Дзидзигури 9.12.1982)

В настоящее время при расчете вентиляции глубоких шахт теплофизические свойства горных пород принимаются постоянными во времени и пространстве. В реальных условиях вокруг горных выработок всегда образуются зоны неупругих деформаций, вызывающие перераспределение тепловых свойств окружающих горных пород. Это вызывает изменение температурного поля окружающего массива и теплового режима горных выработок. Поэтому для достоверного прогноза теплового режима глубоких шахт необходимо знание реального распределения температуры на поверхности теплообмена и в окружающем горном массиве.

Нами задача аналитического построения температурного поля горного массива вокруг выработки решена при постоянной и изменяющейся в радиальном направлении теплопроводности горных пород и постоянной и изменяющейся во времени (по гармоническому закону) температуре рудничного воздуха.

Математическая запись поставленной задачи имеет вид

$$c\gamma \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial t}{\partial R} \frac{\partial \lambda}{\partial R} + \lambda \left( \frac{\partial^2 t}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial t}{\partial R} \right); \quad (1)$$

$$t = t_{II}, \text{ при } \tau = 0; \quad (2)$$

$$t \rightarrow t_{II}, \text{ при } R \rightarrow \infty, \tau > 0; \quad (3)$$

$$\lambda \frac{\partial t}{\partial R} + \alpha [t - t_e] = 0, \text{ при } R = R_0; \quad (4)$$

$$\lambda \frac{\partial t}{\partial R} + \alpha [t - (t_e^{cp} + \Delta t \sin \omega \tau)] = 0. \quad (5)$$

Теплопроводность горных пород в радиальном направлении изменяется по следующему закону

$$\lambda = \begin{cases} A + BR, 0 \leq R \leq 4, \\ Const, 4 < R \leq \infty. \end{cases} \quad (6)$$

В приведенных выражениях:  $\Delta t$  — амплитуда годового колебания;  $t_{II}$  — температура горного массива;  $t_e^{cp}$  — среднегодовая температура рудничного

воздуха;  $c$  – удельная массовая теплоемкость;  $\gamma$  – плотность;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи;  $A, B$  – постоянные величины.

Поставленная задача нами решена методом сеток. Построенная для этого полярная сетка приведена на рис. 1.

Заменяя в вышеприведенных выражениях частные производные по формулам

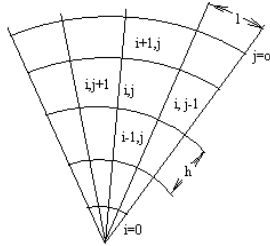


Рис. 1. Полярная сетка

$$\frac{\partial t_{i,j}}{\partial \tau} = \frac{t_{i,j+1} - t_{i,j}}{l} + \varepsilon_1, \tag{7}$$

$$\frac{\partial t_{i,j}}{\partial R} = \frac{t_{i+1,j} - t_{i,j}}{h} + \varepsilon_2, \tag{8}$$

$$\frac{\partial \lambda_i}{\partial R} = \frac{\lambda_{i+1} - \lambda_i}{h} + \varepsilon_3, \tag{9}$$

$$\frac{\partial^2 t_{i,j}}{\partial R^2} = \frac{t_{i-1,j} - 2t_{i,j} - t_{i+1,j}}{h^2} + \varepsilon_4 \tag{10}$$

и отбрасывая бесконечно малые величины  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ , получаем следующие арифметическое соотношение для определения величины  $\theta_{i,j}$  в узлах полярной сетки

$$\theta_{i,j} = \frac{\lambda_{i1}}{c\gamma h^2} \theta_{i-1,j-1} + \frac{ic\gamma h^2 - il\lambda_{2i} - il\lambda_i - l\lambda_i}{ic\gamma h^2} \theta_{i,j-1} + \frac{il\lambda_{2i} + l\lambda_i}{ic\gamma h^2} \theta_{i+1,j-1}, \tag{11}$$

где  $\theta_{i,j}$  – приближенное значения температуры  $t_{i,j}$  в том же узле  $(ih, il)$  полярной сетки.

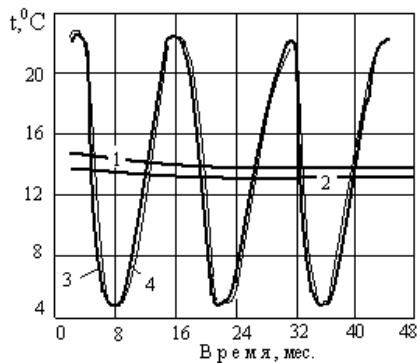


Рис. 2. Распределение температуры на поверхности теплообмена:  
 1 -  $t_e = const, \lambda = const$ ; 2 -  $t_e = const, \lambda \neq const$ ; 3 -  $t_e \neq const, \lambda = const$ ; 4 -  $t_e \neq const, \lambda \neq const$

Граничные условия (4) и (5) соответственно принимают вид

$$\theta_{0,j} = \frac{\lambda_0 \theta_{1,j} + h \alpha t_{\text{с}}}{h \alpha + \lambda_0},$$

$$\theta_{0,j} = \frac{\lambda_0 \theta_{1,j} + h \alpha (t_{\text{с}}^{\text{ср}} + \Delta t \sin \omega j l)}{h \alpha + \lambda_0},$$

в узлах  $j = 0$ ,  $\theta_{i,0} = t_{\text{П}}$ ,

а в узлах  $j = n$ ,  $\theta_{n,j} = t_{\text{П}}$ .

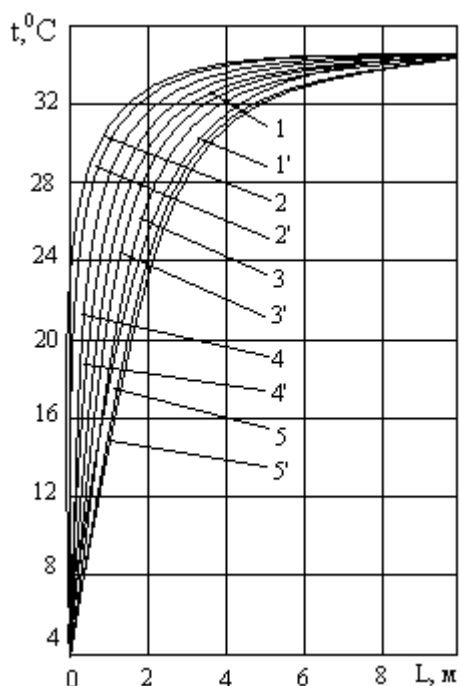


Рис. 3. Распределение температуры в окружающем массиве горных выработок:

1 -  $t_{\text{с}} = \text{const}$ ,  $\lambda \neq \text{const}$ ,  $\tau = 36$  месяцев; 1' -  $t_{\text{с}} = \text{const}$ ,  $\lambda = \text{const}$ ,  $\tau = 36$  месяцев; 2 -  $t_{\text{с}} = \text{const}$ ,  $\lambda \neq \text{const}$ ,  $\tau = 2$  месяцев; 2' -  $t_{\text{с}} = \text{const}$ ,  $\lambda = \text{const}$ ,  $\tau = 2$  месяцев; 3 -  $t_{\text{с}} = \text{const}$ ,  $\lambda \neq \text{const}$ ,  $\tau = 12$  месяцев; 3' -  $t_{\text{с}} = \text{const}$ ,  $\lambda = \text{const}$ ,  $\tau = 12$  месяцев; 4 -  $t_{\text{с}} = \text{const}$ ,  $\lambda \neq \text{const}$ ,  $\tau = 8$  месяцев; 4' -  $t_{\text{с}} = \text{const}$ ,  $\lambda = \text{const}$ ,  $\tau = 8$  месяцев; 5 -  $t_{\text{с}} = \text{const}$ ,  $\lambda \neq \text{const}$ ,  $\tau = 48$  месяцев; 5' -  $t_{\text{с}} = \text{const}$ ,  $\lambda = \text{const}$ ,  $\tau = 48$  месяцев

Была составлена программа для решения поставленной задачи. Результаты расчета хорошо согласуются с данными электрического моделирования (рис. 2 и 3).

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

(Поступило 24.12.1982)

საბალოთა ღამუშავება და გამდორება

---

ს. ბოლქვადზე, ო. ლანჩავა, შ. იონიანი

გვირაბის არასტაციონარული სითბობამტარობის ამოცანის  
ამოხსნა თბოფიზიკური თვისებების რადიალური ცვალებადობის  
პირობებში

რ ე ზ ი უ მ ე

სასრულო სხვაობათა მეთოდით შესწავლილია გვირაბის გერემომცველ  
სამთო მასივისა და თბოგაცემის ზედაპირის ტემპერატურათა ველები. ნაჩვენე-  
ბია მასივის ტემპერატურათა ველზე მალაროს ჰაერის ტემპერატურის პერიო-  
დული და ქანების თბოგამტარობის კოეფიციენტის რადიალური მიმართულებით  
ცვალებადობის გავლენა.

EXPLOATATION OF DEPOSITS AND CONCENTRACION

---

S. L. BOLKVADZE, O.A. LANCHAVA, S. I. ONIANI

THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF THE NON-STATIONARY HEAT  
CONDUCTION OF A TUNNEL UNDER CONDITIONS OF RADIAL  
VARIATION OF THERMAL PROPERTIES

S u m m a r y

The problem of building the temperature field over the heat exchange surface  
and in the surrounding rock mass of workings in conditions of constant and  
variable analogous problem has been solved by mathematical modeling. The  
results obtained by various methods show good agreement.

ლიტერატურა – ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

1. О. А. Л а н ч а в а. О тепломассообмене в капитальных горных выработках. ФТПРПИ, №6, Наука, Новосибирск, 1982.
2. П. П. Ю ш к о в. Труды Ленингр. Технолог. ин-та холодильной промышленности, т. XIV, 1956.