

МЕТОДИКА ТЕПЛООВОГО РАСЧЕТА ВЫРАБОТКИ С ТЕРМАЛЬНЫМИ ВОДАМИ

Доктор техн. наук Ш. И. Ониани, канд. техн. Наук. О. А. Ланчава
Институт горной механики АН ГССР

В формировании микроклимата выработок термальные воды могут принимать косвенное (если они непосредственно не изливаются в выработки, но имеют восходящее движение в пределах шахтного поля) и непосредственное участие. Косвенное влияние вод учитывается при построении геотемпературного поля месторождения. В этом случае геотермический градиент не является параметром, характеризующим естественное тепловое состояние массива, и реальную картину распределения температуры в недрах необходимо установить другими способами [1], при которых методика теплового расчета выработок не меняется. Наблюдения показали, что при поступлении термальных вод в выработки происходит резкая интенсификация тепло- и массообменных процессов, вследствие чего температура насыщенного водяными парами шахтного воздуха на коротком участке (100—500 м) становится примерно равной температуре вод, и без их предварительного отвода нельзя создать приемлемые климатические условия. Все практически возможные способы водоотвода по полученному эффекту можно свести к трем основным: по специальной выработке, по канаве с теплоизоляционным перекрытием и по канаве с простым перекрытием [2]. В указанных способах исключается возможность массообмена между шахтным воздухом и открытой поверхностью горячей воды.

Для любого способа водоотвода характерно наличие определенного уровня термальных вод, поэтому они рассматриваются как плоский источник тепла постоянной температуры, расположенной в неограниченном горном массиве на уровне разгрузки вод. Тогда теплообменный процесс в выработках характеризуется двумя стадиями: нестационарной и квазистационарной [3].

В нестационарной стадии происходит интенсивное охлаждение окружающего выработку массива (за исключением почвы). Шахтному воздуху передается и тепло термальных вод. Через промежуток времени, зависящий от многих факторов, влияющих на интенсивность теплообмена, наступает квазистационарная стадия, в которой почти все тепло от вод передается воздуху. Температура воздуха в горизонтальных выработках с термальными водами определяется по известным формулам [4], скорректированным с учетом влияния этих вод:

$$t_1 = K_1 + \sqrt{K_1^2 + \frac{1}{l} \left[i_2 - C (t'_r - 0,5t_2) + \frac{\Sigma Q_M}{G} \right] - \frac{m}{l}};$$

$$t_2 = K_2 + \sqrt{K_2^2 + \frac{1}{l} \left[i_1 + C (t'_r - 0,5t_1) + \frac{\Sigma Q_M}{G} \right] - \frac{m}{l}},$$

где i_1 и K_1 — температура шахтного воздуха в начале и в конце расчетного участка, °C;

$$K_{1,2} = \frac{1}{2l} (n \pm 0,5C);$$



m, n, l — коэффициенты уравнения квадратичной зависимости изменения влагосодержания от температуры, г/кг, г/(кг·°C), г/(кг·°C²);

i_1 и i_2 — энтальпия шахтного воздуха при температуре t_1 и t_2 , ккал/кг;

G — количество шахтного воздуха, проходящего по расчетному участку, кг/ч;

Q_m — тепловыделение от местных источников, ккал/ч;

$$C = \frac{\alpha F \theta}{G};$$

α — коэффициент теплопередачи, ккал/(м²-ч-°C); F — площадь поверхности теплопередачи, м²;

$\theta = \frac{t - t_B}{t_\tau - t_B}$ — безразмерная температура стенок выработки, которую в зависимости от принятого способа водоотвода и значений критериев Фурье и Био можно определить из критериальной зависимости $\theta = f(Fo, Bi)$, построенной авторами для каждого рассмотренного способа отвода термальных вод;

t'_τ — расчетная температура термальных вод в пределах рассматриваемого участка, °C;

t_τ — естественная температура термальных вод на уровне разгрузки, °C;

t и t_B — искомая температура массива и заданная температура шахтного воздуха, °C.

Безразмерную температуру можно определить также по следующим эмпирическим формулам:

при $0,01 \leq Fo \leq 0,3$,

$$\theta = K \exp(-\beta Fo B_1^{0,33}),$$

при $0,3 < Fo \leq 2$

$$\theta = K \exp(-\beta Fo^{0,5} B_1^{0,33}),$$

при $Fo > 2$ (квазистационарная стадия)

$$\theta = K \exp(-\varepsilon B_1^{0,33}),$$

где K — безразмерный коэффициент пропорциональности, равный 1 (отвод термальных вод по канаве с простым перекрытием), 0,852 (по специальной выработке) и 0,925 (по канаве с теплоизоляционным перекрытием); β, ε — экспериментальные поправочные коэффициенты, значения которых приведены в работе [3].

При составлении критериальных зависимостей термальные воды рассматривались как источники тепла постоянной температуры; это допущение не является строгим при их малом относительном дебите (отношение массового дебита G_t термальной воды к массовому расходу G_B шахтного воздуха, проходящего по выработке в единицу времени). Передача тепла шахтному воздуху от термальных вод сопровождается снижением их температуры. В нестационарной стадии такое уменьшение практически не наблюдается даже при малом относительном дебите вод, поскольку теплоприращение шахтного воздуха обусловлено главным образом теплопередачей от горных пород. В квазистационарной стадии вся тепловая энергия передается шахтному воздуху (кроме ΣQ_m) от горячих вод. В данном случае целесообразнее установить величину минимального относительного дебита, при котором расчетную температуру можно приравнять к естественной температуре термальных вод.

Важное значение имеет температурное приращение шахтного воздуха в пределах расчетного участка и естественная температура термальных вод, так как при прочих равных условиях от них зависит соблюдение равенства. $t'_\tau \approx t_\tau$. Расчеты показали, что для температурного приращения воздуха, доходящего до 10 град, и для естественной температуры горячих вод 50° C и более минимальный относительный дебит равен 2. Если он меньше 2 или

температурное приращение больше 10 град, температуру термальных вод можно вычислить по формуле

$$t'_r = 0,25 t_r (1 + \sqrt{\sigma})^2,$$

где σ — безразмерный коэффициент, значение которого определяется из рис. 1.

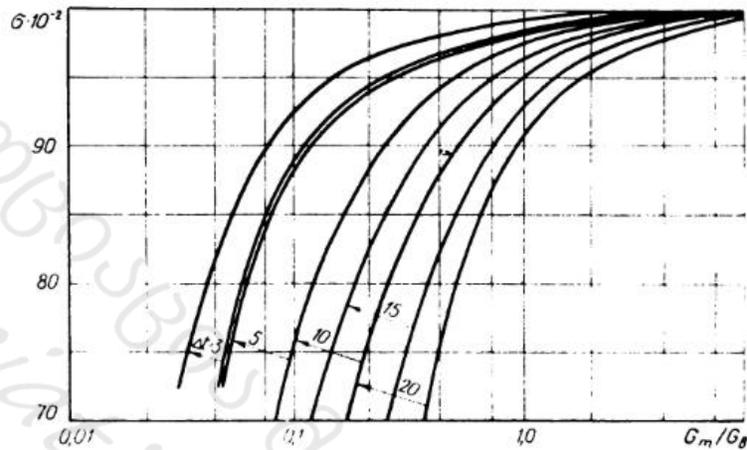


Рис. 1. К определению расчетной температуры термальных вод.

На рис. 1 показаны кривые изменения величины σ в зависимости от G_T/G_B для температурных приращений воздуха при разной естественной температуре термальных вод. Стрелки с надписями обозначают предполагаемое приращение температуры воздуха. Для каждого перепада правая кривая соответствует естественной температуре вод, равной 50° С, левая 100° С. Для промежуточных значений температуры σ находят интерполяцией.

Способ отвода термальных вод	$t_2, ^\circ\text{C}$	Δt	
		град	%
Отсутствие термальных вод	23,7	3,7	100
По специальной выработке	27,5	7,5	203
канаве с теплоизоляционным перекрытием	28,1	8,1	219
То же, с простым перекрытием	29,4	9,4	254

Примечание. Δt — приращение температуры в пределах расчетного участка.

В таблице приведены результаты сравнительного теплового расчета обычных выработок и выработок с восходящими потоками термальных вод. Принято, что относительный дебит термальных вод больше 2, т. е. $t'_r \approx t_r$; $t_1 = 20^\circ\text{C}$; $t_r = 42^\circ\text{C}$; длина расчетного участка равна 1000 м; температура пород $t_{\text{п}} = 42^\circ\text{C}$. Погрешность теплового расчета выработок без учета влияния термальных вод может превышать 100%.

Изложенная методика рекомендуется для теплового расчета горизонтальных выработок с термальными водами в окружающем массиве, проветриваемых вентиляционной струей (за счет общешахтной депрессии).



ЛИТЕРАТУРА

- 1.Ониани Ш. И., Лацабидзе Т. О., Ланчава О. А. Температурное поле шахты № 8 Ткварчельского каменноугольного месторождения. В сб.: «Горная электромеханика и рудничная аэрология». Тбилиси, «Мецниереба», 1975.
- 2.Ониани Ш. И., Пирцхалава Т. Г., Ланчава О. А. Тепловой режим горных выработок при наличии термальных вод. Проблемы горной теплофизики. (Материалы Всесоюзной научно-технической конференции). Л., ЛГИ, 1974.
- 3.Ониани Ш. И., Ланчава О. А. Сообщения АН Грузинской ССР. Тбилиси, «Мецниереба». Т. 77, 1975, № 1.
- 4.Щербань А. Н., Черняк В. П. К методике тепловых расчетов рудничного воздуха. «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых», 1970, № 4.