

**ПРОГНОЗ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТУПИКОВОЙ ВЫРАБОТКЕ ПРИ
 ВСАСЫВАЮЩЕМ СПОСОБЕ ПРОВЕТРИВАНИЯ.**

В статье дан вывод расчетных зависимостей для определения температуры воздуха в тупиковой выработке при всасывающем способе проветривания.

ПРОГНОЗ, ТЕМПЕРАТУРА, ВОЗДУХ, ВЫРАБОТКА, СПОСОБ, ПРОВЕТРИВАНИЯ, ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЕ, ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ, ИСТОЧНИК, ТЕПЛО, ВЛАЖНОСТЬ.

В нормативном документе [1] дана методика прогноза температуры воздуха в тупиковых выработках при нагнетательном способе их проветривания в глубоких угольных шахтах. При этом значительный нагрев свежего воздуха в трубопроводе обусловлен работой вентилятора местного проветривания. Избежать этого можно применив всасывающий способ проветривания при проведении подготовительных выработок. Для этого необходимо применить жесткий вентиляционный трубопровод и вентилятор местного проветривания с антистатическим покрытием корпуса и колеса вентилятора. Однако для всасывающего способа проветривания отсутствует методика прогноза температуры воздуха в проходимой тупиковой выработке. В связи с этим возникла необходимость в разработке зависимостей для расчета температуры воздуха в характерных точках при всасывающем способе проветривания.

Характерными точками, в которых необходимо знать ожидаемые температуры воздуха являются: точка 2-при поступлении свежего воздуха в призабойное пространство выработки; точка 3-при поступлении отработанного воздуха из призабойного пространства в воздухопровод; точка 4-в воздухопроводе у устья выработки. В точке 1 (при входе свежего воздуха в тупиковую выработку) температура воздуха обычно известна из результатов прогноза или замера.

Расчетные зависимости для определения температуры воздуха в точках 2,3 и 4 можно получить, решив следующую систему уравнений теплового баланса, учитывающих тепловлагодобменные процессы, происходящие в проходимой тупиковой выработке и воздухопроводе в глубокой шахте при всасывающем способе проветривания.

$$\begin{aligned}
 & G_2 \left[c_p t_2 + \frac{0,623 r n_2 \varphi_2 (t_2 - \varepsilon_2)}{B_2 - p_2 \varphi_2} \right] - G_2 \kappa_{VT.TP} \left[c_p t_1 + \frac{0,623 r n_1 \varphi_1 (t_1 - \varepsilon_1)}{B_1 - p_1 \varphi_1} \right] + \\
 & + 0,5 G_2 c_p (\kappa_{VT.TP} - 1) (t_2 - t_1) + 0,5 G_2 (\kappa_{VT.TP} - 1) \left[\frac{0,623 r n_2 \varphi_2 (t_2 - \varepsilon_2)}{B_2 - p_2 \varphi_2} - \frac{0,623 r n_1 \varphi_1 (t_1 - \varepsilon_1)}{B_1 - p_1 \varphi_1} \right] = \\
 & = UL \{ (\alpha + \beta n) t_{ПСП} - 0,5 [\alpha + 0,5 \beta n (\varphi_1 + \varphi_2)] (t_1 + t_2) - \beta n \varepsilon [1 - 0,5 (\varphi_1 + \varphi_2)] \} \times \\
 & \times \left[1 - \frac{Bi}{Bi'} \left(1 - \frac{1,13}{z_1 + z_2} \right) \right] + G_H c_H (1 - \theta_{VK}) [t_{vH} - 0,5 (t_1 + t_2)] + 0,5 \kappa_T u_T L (t_3 + t_4 - t_1 - t_2) \pm \\
 & \pm 4,9 G_2 (\kappa_{VT.TP} + 1) L \sin \psi + Q_M + q_o UL + \kappa_K b_K L [t_B - 0,5 (t_1 + t_2)];
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$G_2 c_p (t_3 - t_2) + G_2 \left[\frac{0,623 r n_3 \varphi_3 (t_3 - \varepsilon_3)}{B_2 - p_3 \varphi_3} - \frac{0,623 r n_2 \varphi_2 (t_2 - \varepsilon_2)}{B_2 - p_2 \varphi_2} \right] =$$

$$= F_3 \{ (\alpha_3 + \beta_3 n_3) t_{ПЗ} - 0,5 [\alpha_3 + 0,5 \beta_3 n_3 (\varphi_2 + \varphi_3)] (t_2 + t_3) - \beta_3 n_3 \varepsilon_3 [1 - 0,5 (\varphi_2 + \varphi_3)] \}$$

$$\left[1 - \frac{B i_3}{B' i_3} \left(1 - \frac{1,13 z_3 - 1}{z_3^2} \right) \right] + Q_{M_3}; \quad (2)$$

$$G_2 c_p (t_4 - t_3) + G_2 \left[\frac{0,623 r \kappa_{УТ.ТР} n_4 \varphi_4 (t_4 - \varepsilon_4)}{B_4 - p_4 \varphi_4} - \frac{0,623 r n_3 \varphi_3 (t_3 - \varepsilon_3)}{B_2 - p_3 \varphi_3} \right] =$$

$$= 0,5 G_2 (\kappa_{УТ.ТР} - 1) \left[\frac{0,623 r n_2 \varphi_2 (t_2 - \varepsilon_2)}{B_2 - p_2 \varphi_2} - \frac{0,623 r n_1 \varphi_1 (t_1 - \varepsilon_1)}{B_1 - \varphi_1} \right] -$$

$$- 0,5 \kappa_{УТ} u_T L (t_3 + t_4 - t_1 - t_2) \pm 4,9 G_2 (\kappa_{УТ.ТР} + 1) L \sin \psi; \quad (3)$$

где G_2 - массовый расход воздуха в пункте 2 выработки, $\text{к}^2/\text{с}$;

c_p, c_u - теплоемкость соответственно воздуха и транспортируемого ископаемого
Дж/(кг·°C);

r - теплота парообразования, Дж/кг;

t_1, t_2, t_3, t_4 - температура воздуха в пунктах 1, 2, 3 и 4 выработки и воздухопровода, °C

$n_1, n_2, n_3, n_4, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ - коэффициенты в уравнении аппроксимации зависимости величины давления насыщенных водяных паров от температуры воздуха соответственно в пунктах 1, 2, 3 и 4 выработки и воздухопровода [2,3];

n, ε - коэффициенты в уравнении аппроксимации зависимости величины давления насыщенных водяных паров от средней температуры воздуха в тупиковой выработке между пунктами 1 и 2 [2,3];

p_1, p_2, p_3, p_4 - среднее давление насыщенных водяных паров в пунктах 1, 2, 3 и 4 выработки и воздухопровода, Па [2,3];

$\kappa_{УТ.ТР}$ - коэффициент утечек воздуха в трубопроводе, доли ед.;

B_1, B_2, B_4 - давление воздуха в пунктах 1, 2 и 4 выработки и воздухопровода, Па [1];

U - периметр поперечного сечения выработки, м;

L - длина выработки, м;

α, α_3 - коэффициент теплоотдачи соответственно для выработки между пунктами 1 и 2 при средней скорости движения и плотности воздух и для призабойного пространства, Вт/(м²·°C) [3];

β, β_3 - коэффициент массоотдачи соответственно для выработки между пунктами 1 и 2 при средней скорости движения и плотности воздуха и призабойного пространства [3];

ψ - угол наклона тупиковой выработки, градус;

$t_{ПСП}, t_B$ - среднее значение соответственно естественной температуры горных пород и воды в водоотливной канавке в выработке, °C;

$t_{ПЗ}$ - естественная температура горных пород в призабойном пространстве выработки, °C;

κ_T, κ_K - коэффициент теплопередачи соответственно от теплого трубопровода и водоотливной канавки, Вт/(м²·°C);

u_T - периметр теплого трубопровода, м;

θvk – средняя по объему насыпки относительная температура ископаемого при выдаче его из выработки [4,6];

t_{vH} – средняя по объему насыпки температура ископаемого при погрузке на конвейер, °С;

F_3 – суммарная площадь поверхности призабойной зоны тупиковой выработки, м² [1];

Q_M, Q_{M_3} – суммарное тепловыделение от местных источников тепла в выработке и призабойной зоне, Вт [1,3];

q_o – удельное тепловыделение при окислении, Вт/м² [1,3];

Для упрощения вида уравнений (1) – (3) разделим все слагаемые на G_2 и примем следующие обозначения комплексов величин:

$$\begin{aligned}
 Y &= \kappa_{VT.TP} - 1; & L &= \frac{0,623r_1\varphi_1}{c_p(B_1 - p_1\varphi_1)}; & L_2 &= \frac{0,623r_2\varphi_2}{c_p(B_2 - p_2\varphi_2)}; \\
 L_3 &= \frac{0,623r_3\varphi_3}{c_p(B_3 - p_3\varphi_3)}; & L_4 &= \frac{0,623r_4\varphi_4}{c_p(B_4 - p_4\varphi_4)}; & \Pi u &= \frac{0,5Guc_u(1 - \theta vk)}{G_2c_p}; \\
 \Pi_T &= \frac{0,5\kappa_T u_T L}{G_2c_p}; & \Pi_K &= \frac{0,5\kappa_K b_K L}{G_2c_p}; & D &= \frac{4,9(\kappa_{VT.TP} + 1)L \sin \psi}{c_p} \\
 A &= 1 - \frac{Bi}{B'i} \left(1 - \frac{1,13}{z_1 + z_2} \right); & A_3 &= 1 - \frac{Bi_3}{B'i_3} \left(1 - \frac{1,13z_3 - 1}{z_3^2} \right); \\
 B &= (\alpha + \beta n) t_{II.CP}; & E &= 0,5[\alpha + 0,5\beta n(\varphi_1 + \varphi_2)]; & M &= \frac{UL}{G_2c_p}; \\
 H &= \beta n \varepsilon [1 - 0,5(\varphi_1 + \varphi_2)]; & M_3 &= \frac{F_3}{G_2c_p}; & B_3 &= (\alpha_3 + \beta_3 n_3) t_{II3}; \\
 E_3 &= 0,5[\alpha_3 + 0,5\beta_3 n_3(\varphi_2 + \varphi_3)]; & H_3 &= \beta_3 n_3 \varepsilon_3 [1 - 0,5(\varphi_2 + \varphi_3)].
 \end{aligned}$$

Сгруппируем слагаемые уравнений (1)-(3) относительно величин t_2, t_3, t_4 и с учетом принятых обозначений после несложных преобразований систему уравнений (1), (2) и (3) можно представить в виде

$$\begin{aligned}
 a_2 t_2 - a_3 t_3 - a_4 t_4 &= d_1; \\
 -b_2 t_2 + b_3 t_3 &= d_2; \\
 -c_2 t_2 - c_3 t_3 + c_4 t_4 &= d_3,
 \end{aligned} \tag{4}$$

где $a_2 = (1 + 0,5Y)(1 + L_2) + AEM + \Pi_H + \Pi_T + \Pi_K$;

$a_3 = a_4 = \Pi_T$;

$d_1 = [(1 + L_1)(\kappa_{VT.TP} + 0,5Y) - AEM - \Pi_H - \Pi_T - \Pi_K] t_1 + L_2 \varepsilon_2 (1 + 0,5Y) -$
 $- L_1 \varepsilon_1 (\kappa_{VT.TP} + 0,5Y) + AM(B - H) + 2(\Pi_H t_{vH} + \Pi_K t_{\theta}) \pm D + \frac{Q_M}{G_2c_p} + \frac{q_o UL}{G_2c_p}$;

$$\begin{aligned}
b_2 &= 1 + L_2 - A_3 E_3 M_3; \\
b_3 &= 1 + L_3 + A_3 E_3 M_3; \\
d_2 &= L_3 \varepsilon_3 - L_2 \varepsilon_2 + A_3 M_3 (B_3 - H_3) + \frac{Q_{M_3}}{G_2 c_p} \\
c_2 &= 0,5UL_2 + \Pi_T; \\
c_3 &= 1 + L_3 - \Pi_T; \\
c_4 &= \kappa_{VT.TP}(1 + L_4) + \Pi_T; \\
d_3 &= (\Pi_T - 0,5L_1)t_1 + 0,5U(L_1 \varepsilon_1 - L_2 \varepsilon_2) - L_3 \varepsilon_3 + \kappa_{VT.TP} L_4 \varepsilon_4 \pm D
\end{aligned}$$

Если в проходимой тупиковой выработке транспортируемое ископаемое доставляется в вагонетках, то вместо составляющих, учитывающих тепловыделение от ископаемого на конвейере, берутся величины, в которых учтено тепловыделение от ископаемого в вагонетках.

Решив систему линейных уравнений (4) при помощи определителей, получим следующие расчетные зависимости:

$$t_2 = \frac{c_4(b_3 d_1 + a_3 d_2) + a_4(c_3 d_2 + b_3 d_3)}{c_4(a_2 b_3 - a_3 b_2) - a_4(b_2 c_3 + b_3 c_2)}; \quad (5)$$

$$t_3 = \frac{c_4(a_2 d_2 + b_2 d_1) + a_4(b_2 d_3 - c_2 d_2)}{c_4(a_2 b_3 - a_3 b_2) - a_4(b_2 c_3 + b_3 c_2)}; \quad (6)$$

$$t_4 = \frac{d_1(b_2 c_3 + b_3 c_2) + d_2(a_2 c_3 + a_3 c_2) + d_3(a_2 b_3 - a_3 b_2)}{c_4(a_2 b_3 - a_3 b_2) - a_4(b_2 c_3 + b_3 c_2)} \quad (7)$$

Зависимости (5), (6) и (7) рекомендуются для расчета значений температур воздуха в характерных пунктах проходимой тупиковой выработке и вентиляционном воздухопроводе при всасывающем способе проветривания подготовительной выработки в глубоких угольных шахтах.

Стукало В.А., к.т.н. (ДонНТУ)

ПРОГНОЗ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ У ТУПИКОВІ ВИРОБКИ ПРИ ВСМОКТУЮЧИМ СПОСОБІ ПРОВІТРЮВАННЯ.

У статті приведено вивід розрахункових залежностей для визначення температури повітря у тупикові виробки при всмоктуючим способі провітрювання.

ПРОГНОЗ, ТЕМПЕРАТУРА, ПОВІТРЯ, ВИРОБКА, СПОСІБ, ПРОВІТРЮВАННЯ, ТЕПЛОМІСТ, ВОЛОГОВМІСТ, ДЖЕРЕЛО, ТЕПЛО, ВОЛОГІСТЬ.

Stukalo V.A. (DonNTU)

AIR TEMPERATURE FORECASTS IN A DEADLOCK, VENEVER THE SUCTION WAY AIRING.

The paper concluded calculated dependencies to determine the temperature of air in the dead-end development process in the intake ventilation.

FORECAST, TEMPERATURE, AIR, GENERATION, METHOD, AERATION, ENTHALPY, MOISTURE CONTENT, SOURCE, HEAT, HUMIDITY.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Прогнозирование и нормализация тепловых условий в угольных шахтах. Стандарт Минэнергоуглепрома Украины, - К.: 2011.
2. Щербань А.Н., Кремнев О.А. Научные основы расчета и регулирования теплового режима глубоких шахт. Т1. Из-во АНУССР, - К.: 1959.
3. Щербань А.Н., Кремнев О.А., Журавленко В.Я. Руководство по регулированию теплового режима шахт. Из-во З. – М.: Недра, 1977.
4. Стукало В.А. Методика учета тепловыделений на конвейерном транспорте при прогнозе теплового режима в выработках глубоких шахт. «Разработка месторождений полезных ископаемых»: Респ. межвед. Научн.-техн. сб., 1980, вып.56.
5. Стукало В.А. расчет коэффициентов нестационарного теплообмена между породами и воздухом в тупиковых выработках при наличии испарения влаги./ Вісті ДГІ, №2, 2013.
6. Стукало В.А. К определению средних значений коэффициентов нестационарного теплообмена насыпки ископаемого на конвейере и в цепи конвейеров с воздушным потоком в горной выработке./ Вісті ДГІ, №2, Донецьк, 2007.