

СТУКАЛО В.А.

## ПРОГНОЗ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТУПИКОВОЙ ВЫРАБОТКЕ ПРИ ВСАСЫВАЮЩЕМ СПОСОБЕ ПРОВЕТРИВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИИ ИСКУССТВЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА

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

ПРОГНОЗ, ТЕМПЕРАТУРА, ВОЗДУХ, ВЫРАБОТКА, ЗАБОЙ, ТРУБОПРОВОД, ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЕ, ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ, СПОСОБ, ПРОВЕТРИВАНИЕ, ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЬ, ВЛАЖНОСТЬ, ИСТОЧНИК, ТЕПЛО

При всасывающем способе проветривания проходимой тупиковой выработки и применении искусственного охлаждения воздуха характерными точками, в которых необходимо знать ожидаемые температуры воздуха являются: точка 2 – при поступлении свежего воздуха в воздухоохладительную установку, располагаемую на расстоянии  $l_{2-4}$ (м) от призабойной зоны выработки; точка 3- при выходе свежего воздуха из воздухоохладителя; точка 4- при поступлении свежего воздуха в призабойную зону выработки; точка 5- при поступлении воздуха из призабойной зоны выработки в воздухопровод; точка 6 – в воздухопроводе у устья выработки. В точке 1 (при входе свежего воздуха в устье тупиковой выработки) температура воздуха обычно известна из результатов замера или прогноза. В точке 5 температура воздуха должна быть равна предельно допустимому значению.

Расчетные зависимости для определения температуры воздуха в точках 2,3,4 и 6 можно получить, решив систему уравнений теплового баланса (1) ÷ (5), учитывающих тепловлагодобменные процессы, происходящие в проходимой тупиковой выработке и воздухопроводе при всасывающем способе проветривания и наличии искусственного охлаждения воздуха в выработке. При этом учтены основные источники тепловыделений, а также испарение влаги с поверхности выработки и транспортируемого ископаемого [1-4].

$$\begin{aligned}
 & G_{\kappa_{VT.TP}} \left[ C p t_2 + \frac{0,623 r n_2 \varphi_2 (t_2 - \varepsilon_2)}{B_2 - p_2 \varphi_2} \right] - G_{\kappa_{VT.TP}} \left[ c p t_1 + \frac{0,623 r n_1 \varphi_1 (t_1 - \varepsilon_1)}{B_1 - p_1 \varphi_1} \right] + \\
 & + 0,5 G_{cp} (\kappa'_{VT.TP} t_2 - \kappa_{VT.TP} t_1) + 0,5 G \left[ \kappa'_{VT.TP} \frac{0,623 r n_2 \varphi_2 (t_2 - \varepsilon_2)}{B_2 - p_2 \varphi_2} - \kappa_{VT.TP} \frac{0,623 r n_1 \varphi_1 (t_1 - \varepsilon_1)}{B_1 - p_1 \varphi_1} \right] = \\
 & = U L_{1-2} \left\{ (\alpha' + \beta' n') t'_{ncp} - 0,5 [\alpha' + 0,5 \beta' n' (\varphi_1 + \varphi_2)] (t_1 + t_2) - \beta' n' \varepsilon' [1 - 0,5 (\varphi_1 + \varphi_2)] \right\} \cdot \\
 & \cdot \left[ 1 - \frac{B' i l}{B' i l} \left( 1 - \frac{1,13}{Z_1 + Z_2} \right) \right] + G_{uci} (\theta_{vk1} - \theta_{vk}) [t_{vh} - 0,5 (t_1 + t_2)] + 0,5 \kappa_m u_m L_{1-2} (t_5 + t_6 - t_1 - t_2) \pm \\
 & \pm 4,9 G (\kappa_{VT.TP} + \kappa'_{VT.TP}) L_{1-2} \sin \psi + Q'_m + q_0 U L_{1-2} + \kappa_k b_k L_{1-2} [t_B - 0,5 (t_1 + t_2)]
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$G \text{ cp}\kappa'_{\text{VT.TP}}(t_2 - t_3) + G\kappa'_{\text{VT.TP}} \left[ \frac{0,623rn_2\varphi_2(t_2 - \varepsilon_2)}{B_3 - p_2\varphi_2} \right] - \frac{0,623rn_3\varphi_3(t_3 - \varepsilon_3)}{B_3 - p_3\varphi_3} = Q_x; \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & G \left[ \text{cpt}_4 + \frac{0,623rn_4\varphi_4(t_4 - \varepsilon_4)}{B_4 - p_4\varphi_4} \right] - G\kappa'_{\text{VT.TP}} \left[ \text{cpt}_3 + \frac{0,623rn_3\varphi_3(t_3 - \varepsilon_3)}{B_3 - p_3\varphi_3} \right] + \\ & + 0,5Gc_p(t_4 - \kappa'_{\text{VT.TP}}t_3) + 0,5G \left[ \frac{0,623rn_4\varphi_4(t_4 - \varepsilon_4)}{B_4 - p_4\varphi_4} - \frac{0,623rn_3\varphi_3(t_3 - \varepsilon_3)\kappa'_{\text{VT.TP}}}{B_3 - p_3\varphi_3} \right] = \\ & = UL_{2-4} \left\{ (\alpha'' + \beta''n'')t''_{ncp} - 0,5[\alpha'' + 0,5\beta''n''(\varphi_3 + \varphi_4)](t_3 + t_4) - \beta''n''\varepsilon''[1 - 0,5(\varphi_3 + \varphi_4)] \right\} \quad (3) \\ & \left[ 1 - \frac{Bi2}{B'i2} \left( 1 - \frac{1,13}{Z_3 + Z_4} \right) \right] + Guc_u(1 - \theta_{\text{vkl}})[t_{\text{vh}} - 0,5(t_3 + t_4)] + 0,5\kappa_T u_m L_{2-4}(2t_5 + t_3 - t_4) \pm \\ & \pm 4,9G(\kappa_{\text{VT.TP}} - 1)L_{2-4} \sin \psi + Q''_m + q_0 UL_{2-4} + \kappa_\kappa b_\kappa L_{2-4}[t_B - 0,5(t_3 + t_4)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & Gcp(t_5 - t_4) + G \left[ \frac{0,623rn_5\varphi_5(t_5 - \varepsilon_5)}{B_4 - p_5\varphi_5} - \frac{0,623rn_4\varphi_4(t_4 - \varepsilon_4)}{B_4 - p_4\varphi_4} \right] = \\ & = F_0 \left\{ (\alpha_0 + \beta_0 n_0)t_{no} - 0,5[\alpha_0 + 0,5\beta_0 n_0(\varphi_4 + \varphi_5)](t_4 + t_5) - \beta_0 n_0 \varepsilon_0 [1 - 0,5(\varphi_4 + \varphi_5)] \right\} \cdot (4) \\ & \cdot \left[ 1 - \frac{Bi0}{B'i0} \left( 1 - \frac{1,13Z0-1}{Z_0^2} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & Gcp(t_6 \kappa_{\text{VT.TP}} - t_5) + G \left[ \frac{0,623rn_6\varphi_6(t_6 - \varepsilon)}{\kappa_{\text{VT.TP}} B_1 - p_6\varphi_6} - \frac{0,623rn_5\varphi_5(t_5 - \varepsilon_5)}{B_5 - p_5\varphi_5} \right] = \\ & = 0,5Gcp(\kappa'_{\text{VT.TP}}t_2 - \kappa_{\text{VT.TP}}t_1) + 0,5G \left[ \frac{0,623rn_2\varphi_2(t_2 - \varepsilon_2)\kappa'_{\text{VT.TP}}}{B_2 - p_2\varphi_2} - \frac{0,623rn_1\varphi_1(t_1 - \varepsilon_1)\kappa_{\text{VT.TP}}}{B_1 - p_1\varphi_1} \right] + \quad (5) \\ & + 0,5Gcp(t_4 - \kappa'_{\text{VT.TP}}t_3) + 0,5G \left[ \frac{0,623rn_4\varphi_4(t_4 - \varepsilon_4)\kappa'_{\text{VT.TP}}}{B_4 - p_4\varphi_4} - \frac{0,623rn_3\varphi_3(t_3 - \varepsilon_3)\kappa'_{\text{VT.TP}}}{B_3 - p_3\varphi_3} \right] - \\ & - 0,5\kappa_T u_m L_{1-2}(t_6 + t_5 - t_1 - t_2) - 0,5\kappa_T u_T L_{2-4}(2t_5 - t_3 - t_4) \pm 4,9G(\kappa_{\text{VT.TP}} + 1)L \sin \psi \end{aligned}$$

где  $G$ ,  $G_H$  – соответственно расход воздуха в призабойном пространстве и массовая производительность конвейера в выработке, кг/с;

$c_p$ ,  $c_H$  – соответственно теплоемкость воздуха при постоянном давлении и транспортируемого ископаемого, Дж/(кг·°С);

$t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$ ,  $t_5$ ,  $t_6$  – температура воздуха в соответствующих точках выработки и воздухопровода, °С;

$r$  – теплота парообразования, Дж/кг;

$t_{\text{п}}$ ,  $t''_{\text{п}}$ ,  $t_{\text{по}}$ ,  $t_{\text{vh}}$  – природная температура соответственно пород на участке выработки 1-2, 3-4 в призабойной зоне и начальная температура транспортируемого ископаемого на конвейере в выработке, °С;

$U$  – периметр поперечного сечения выработки в свету, м;

$L$ ,  $L_{1-2}$ ,  $L_{2-4}$  – соответственно длина всей выработки, участков (1-2) и (2-4) выработки, м;

$\alpha', \alpha'', \alpha_0$  - коэффициент теплоотдачи соответственно для участков выработки (1-2), (2-4) и призабойной зоны выработки, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$\beta', \beta'', \beta_0$  - коэффициент массоотдачи соответственно для участков выработки (1-2), (2-3) и призабойной зоны выработки,  $\frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{Па}}$ ;

$n', n'', n_0, n, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6$  - коэффициент в уравнении аппроксимации зависимости давления водяных паров в воздухе от температуры воздуха соответственно на участках выработки (1-2), (2-4), в призабойной зоне и соответствующих точках выработки и воздухопровода (2, 3, 4, 5 и 6) [5];

$\varepsilon', \varepsilon'', \varepsilon, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6, \varepsilon_0$  - коэффициент в уравнении аппроксимации зависимости давления водяных паров в воздухе от температуры воздуха соответственно на участках выработки (1-2), (2-4), в соответствующих пунктах выработки (1,2,3,4,5,6), воздухопровода и в призабойной зоне подготовительной выработки [5];

$p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6$  - среднее давление насыщенных водяных паров в воздухе в соответствующих пунктах выработки и воздухопроводе (1,2,3,4,5,6) при температуре воздуха в них, Па [5];

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5, \varphi_6$  - относительная влажность воздуха в соответствующих пунктах выработки и воздухопроводе, доли ед.;

$K_{\text{ут.гр}}, K'_{\text{ут.гр}}$  - коэффициент утечек воздуха через поверхность воздухопровода соответственно для всей длины и на участке (2-4), доли ед.

$V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$  - давление воздуха в соответствующих точках выработки и воздухопровода, Па;

$$B_{i1} = \frac{\alpha_1 R_0}{\lambda} - \text{критерий Био}; \quad B'_{i1} = B_{i1} + 0,375;$$

$$B_{i2} = \frac{\alpha_2 R_0}{\lambda} - \text{критерий Био}; \quad B'_{i2} = B_{i2} + 0,375;$$

$$B_{i0} = \frac{\alpha_0 R_0}{\lambda} - \text{критерий Био}; \quad B'_{i0} = B_{i0} + 0,375;$$

$$Z_1 = B'_{i1} \sqrt{\frac{a\tau_1}{R_0^2}}; \quad Z_2 = B'_{i2} \sqrt{\frac{a\tau_2}{R_0^2}}; \quad Z_3 = B'_{i3} \sqrt{\frac{a\tau_3}{R_0^2}}; \quad Z_4 = B'_{i4} \sqrt{\frac{a\tau_4}{R_0^2}}; \quad Z_0 = B'_{i0} \sqrt{\frac{a\tau_0}{R_0^2}};$$

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности пород, Вт/(м·°C);

$a$  - коэффициент температуропроводности пород, м<sup>2</sup>/с;

$\theta_{\text{vk}}, \theta_{\text{vk1}}$  - средняя по объему насыпки относительная температура ископаемого в конце конвейерной линии в подготовительной выработке и на участке выработки (2-4);

$Q'_m, Q''_m$  - суммарное тепловыделение от местных источников соответственно на участках выработки (1-2) и (2-4), Вт;

$K_{\text{т}}, K_{\text{к}}$  - коэффициент теплоотдачи соответственно от поверхности воздухопровода и закрытой водоотливной канавки, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$u_{\text{т}}$  - периметр воздухопровода, м;

$b_{\text{к}}$  - ширина водоотливной канавки, м;

$t_{\text{в}}$  - температура воды в водоотливной канавке, °C;

$q_0$  – удельная теплота окисления, Вт/м<sup>2</sup>;

$\Psi$  – угол наклона выработки, градус;

$Q_x$  – холодопроизводительность воздухоохладителя, Вт.

При расчетах, связанных с учетом испарения влаги, давление насыщенных водяных паров в зависимости от температуры воздуха в небольших пределах температур аппроксимируют зависимостями типа [5]

$$P_n = n (t - \varepsilon) \quad (6)$$

В таблице 1 представлены значения параметров  $n$ ,  $\varepsilon$  и  $p_{cp}$  в системе измерений СИ для диапазонов температуры воздуха через 5 °С

Таблица 1 Значения параметров  $n$ ,  $\varepsilon$  и  $p_{cp}$

Диапазон температур	$n$ , Па	$\varepsilon$	$p_{cp}$ , Па
0-5	52,69	-11,4	747,0
6-10	70,70	-7,3	1054
11-15	95,38	-2,8	1467
16-20	126,1	1,6	2028
21-25	168,1	6,2	2748
26-30	213,4	10,3	3708
31-35	276,8	14,8	4936
36-40	353,5	19,2	6537
41-45	437,6	23,2	8538

Для упрощения вида уравнений (1)÷(5) разделим все их слагаемые на  $G_{cp}$  и примем следующие обозначения комплексов величин:

$$\begin{aligned}
 Y &= \kappa_{YT.TP} - 1; & Y' &= \kappa'_{YT.TP} - 1; & Y'' &= \kappa_{YT.TP} + 1 \\
 L_1 &= \frac{0,623m_1\varphi_1}{c_p(B_1 - p_1\varphi_1)}; & L_2 &= \frac{0,623m_2\varphi_2}{c_p(B_2 - p_2\varphi_2)}; & L_3 &= \frac{0,623m_3\varphi_3}{c_p(B_3 - p_3\varphi_3)}; & L_4 &= \frac{0,623m_4\varphi_4}{c_p(B_4 - p_4\varphi_4)}; \\
 L_5 &= \frac{0,623m_5\varphi_5}{c_p(B_4 - p_5\varphi_5)}; & L_6 &= \frac{0,623m_6\varphi_6}{c_p(B_1 - p_6\varphi_6)}; & \Pi_{u1} &= \frac{0,5G_u c u (1 - \theta_{vk1})}{G c_p}; \\
 \Pi_{u2} &= \frac{0,5G_u c u (\theta_{vk1} - \theta_{vk})}{G c_p}; & \Pi_{m1} &= \frac{0,5k_m u_m L_{1-2}}{G c_p}; & \Pi_{m2} &= \frac{0,5\kappa_T u_T L_{2-4}}{G c_p}; & \Pi_{k1} &= \frac{0,5K_k \theta_k L_{1-2}}{G c_p}; \\
 \Pi_{k2} &= \frac{0,5\kappa_k u_k L_{2-4}}{G c_p}; & D_1 &= \frac{4,9(\kappa_{YT.TP} + \kappa_{YT.TP})L_{1-2} \sin \psi}{c_p}; & D_2 &= \frac{4,9(\kappa'_{YT.TP} - 1)L_{2-4} \sin \psi}{c_p}; \\
 D_3 &= \frac{4,9(\kappa_{YT.TP} + 1)L \sin \psi}{c_p}; & A_1 &= 1 - \frac{B_{i1}}{B'_{i1}} \left( 1 - \frac{1,13}{Z_1 + Z_2} \right); & A_2 &= 1 - \frac{B_{i2}}{B'_{i2}} \left( 1 - \frac{1,13}{Z_3 + Z_4} \right); \\
 A_0 &= 1 - \frac{B_{i0}}{B'_{i0}} \left( 1 - \frac{1,13Z_0 - 1}{Z_0^2} \right); & B_1 &= (\alpha' + \beta'n')t'_{ncp}; & B_2 &= (\alpha'' + \beta''n'')t''_{ncp}; & B_0 &= \alpha_0 + \beta_0 n_0; \\
 E_1 &= \alpha' + 0,5\beta'n'(\varphi_1 + \varphi_2); & E_2 &= \alpha'' + 0,5\beta''n''(\varphi_3 + \varphi_4); & E_0 &= \alpha_0 + 0,5\beta_0 n_0(\varphi_4 + \varphi_5);
 \end{aligned}$$

$$M_1 = \frac{0,5UL_{1-2}}{Gcp}; M_2 = \frac{0,5UL_{2-4}}{Gcp}; M_0 = \frac{0,5F_0}{Gcp}; I_1 = \beta'n'\varepsilon'[1 - 0,5(\varphi_1 + \varphi_2)];$$

$$I_2 = \beta''n''\varepsilon''[1 - 0,5(\varphi_3 + \varphi_4)]; I_0 = \beta_0 n_0 \varepsilon_0 [1 - 0,5(\varphi_4 + \varphi_5)];$$

Сгруппировав все слагаемые уравнений (1) ÷ (5) относительно величин  $t_2, t_3, t_4, t_6$  и с учетом принятых обозначений после некоторых преобразований систему уравнений (1), (2), (3), (4) и (5) можно представить в виде:

$$a_{11} t_2 - a_{14} t_6 = d_1 \quad (7)$$

$$b_{21} t_2 - b_{22} t_3 - Q_x = d_2 \quad (8)$$

$$c_{32} t_2 + c_{33} t_4 = d_3 \quad (9)$$

$$e_{43} t_4 = d_4 \quad (10)$$

$$q_{51} t_2 + q_{52} t_3 - q_{53} t_4 + q_{54} t_6 = d_5 \quad (11)$$

где  $a_{11} = 1,5 \kappa'_{YT.TP} L_2 + M_1 E_1 A_1 + \Pi_{u1} + \Pi_{T1} + \Pi_{K1}$

$$a_{14} = \Pi_{T1};$$

$$d_1 = t_1 [1,5 \kappa_{YT.TP} (1+L) - M_1 E_1 A_1 - \Pi_{u2} - \Pi_{T1} - \Pi_{K1}] +$$

$$+ 1,5 (\kappa'_{YT.TP} L_2 \varepsilon_2 - \kappa_{YT.TP} L_1 \varepsilon_1) + 2 (\Pi_{u1} t_{vH} + q_0 M_1 + \Pi_{K1} t_B - M_1 I_1 A_1) +$$

$$+ M_1 B_1 A_1 + \Pi_{T1} t_5 \pm D_1 + \frac{Q''_M}{Gcp};$$

$$e_{21} = \kappa'_{YT.TP} (1 + L_2); e_{22} = \kappa'_{YT.TP} (1 + L_3); d_2 = \kappa'_{YT.TP} (L_2 \varepsilon_2 - L_3 \varepsilon_3);$$

$$c_{32} = M_2 E_2 A_2 + \Pi_{u1} + \Pi_{m2} + \Pi_{K2} - 1,5 \kappa'_{YT.TP} (1 + L_3);$$

$$c_{33} = 1,5(1 + L_4) - M_2 E_2 A_2 + \Pi_{u1} + \Pi_{m2} + \Pi_{K2};$$

$$d_3 = 1,5(L_4 \varepsilon_4 - \kappa'_{YT.TP} L_3 \varepsilon_3) + 2A_2 M_2 (B_2 + I_2) + 2(\Pi_{u1} t_{vH} + \Pi_{T2} t_5 + \Pi_{K2} t_6 + q_0 M_2) \pm D_2 + \frac{Q''_M}{Gcp}$$

$$e_{43} = M_0 E_0 A_0 - 1 - L_4;$$

$$d_4 = L_5 \varepsilon_5 - L_4 \varepsilon_4 - (M_0 A_0 E_0 + 1 + L_5) t_5 - 2M_0 B_0 A_0 t_{no} - 2M_0 I_0 A_0;$$

$$q_{51} = 0,5 \kappa_{YT.TP} (1 + L_2) - \Pi_{T1};$$

$$q_{52} = 0,5(1 + L_3) - \Pi_{T2};$$

$$q_{53} = 0,5(1 + L_4) - \Pi_{T2};$$

$$q_{54} = 0,5 \kappa_{YT.TP} (1 + L_6) - \Pi_{T1};$$

$$q_5 = \kappa_{YT.TP} L_6 \varepsilon_6 - L_5 \varepsilon_5 + 0,5(L_4 \varepsilon_4 - \kappa'_{YT.TP} L_3 \varepsilon_3) + t_5 (1 + L_5 - \Pi_{m1} + \Pi_{m2}) -$$

$$- t_1 [0,5 \kappa_{YT.TP} (1 + L_1) + \Pi_{T1}] - 0,5(\kappa'_{YT.TP} L_2 \varepsilon_2 - \kappa_{YT.TP} L_1 \varepsilon_1) \pm D_3$$

Из уравнения (10) следует

$$t_4 = \frac{d_4}{e_{43}} \quad (12)$$

Из уравнения (9) с учетом выражения (12) получим:

$$t_3 = \frac{d_3 e_{43} - d_4 c_{33}}{c_{32} e_{43}} \quad (13)$$

Из уравнения (11) с учетом выражений (7), (12) и (13) получим:

$$t_6 = \frac{a_{11} [c_{32} (d_5 e_{43} + d_4 q_{53}) - d_3 q_{52} e_{43} + d_4 q_{52} c_{33}] - d_1 q_{51} c_{32} e_{43}}{e_{32} e_{43} (a_{11} q_{54} + a_{14} q_{51})} \quad (14)$$

Из уравнения (7) следует

$$t_2 = \frac{d_1 + a_{14}t_6}{a_{11}} \quad (15)$$

Из уравнения (8) получим

$$Q_x = b_{21} t_2 - b_{22} t_3 - d_2 \quad (16)$$

Ниже даны рекомендации для определения дополнительных исходных данных, необходимых при расчете безразмерной средней по объему, насыпки ископаемого в конце конвейера (или цепи последовательно соединенных конвейеров в выработке)  $\theta'_{vk}$ , используемой при расчете параметра  $\theta_{vk}$  применительно к насыпке используемого на конвейере.

Безразмерную среднюю температуру по объему насыпки ископаемого в конце участка (или цепи) конвейера в подготовительной выработке рекомендуется определять по выражению [6]:

$$\theta_{vk} = \left[ \left( 1 + \frac{790\Delta P}{B(t_{vh} - t)} \right) \sqrt{\theta'_{vk} - \frac{790\Delta P}{B(t_{vh} - t)}} \right]^2, \quad (17)$$

где  $\Delta p$  – средний напор водяных паров от открытой поверхности насыпки ископаемого (поверхности испарения влаги) на конвейере в воздух подготовительной выработки, Па;

$\theta'_{vk}$ - безразмерная средняя по объему насыпки температура ископаемого в конечном пункте его доставки конвейером (или несколькими последовательно установленными конвейерами) в подготовительной выработке только за счет конвективной передачи тепла к воздуху, доли ед.;

$B$ - среднее барометрическое давление воздуха на рассматриваемом участке выработки, Па;

$t_{vh}$  – средняя по объему насыпки температура ископаемого в начальном пункте его доставки конвейером (или цепью последовательно установленных конвейеров) в подготовительной выработке, °С;

$t$  – средняя температура воздуха на расчетном участке подготовительной выработки, °С.

Для определения величины  $\theta'_{vk}$  необходимо сначала рассчитать геометрические параметры насыпки ископаемого и соответствующие им величины чисел Био и Фурье [6,7,8].

Периметр насыпки ископаемого на конвейере зависит от типа конвейера и массы ископаемого на метре его длины. Для этого могут быть использованы зависимости [7]:

$$u_{л.л} = 0,214\sqrt{g}; \quad u_{л.л} = 0,193\sqrt{g}; \quad u_{с.л} = 0,224\sqrt{g}, \quad (18)$$

где  $u_{л.л}$ ,  $u_{л.л}$ ,  $u_{с.л}$  – периметр насыпки ископаемого соответственно на конвейере с плоской лентой, лоткообразной лентой и скребковым конвейером, м;

$g$  - масса ископаемого на 1 м конвейера, кг/м.

$$g = \frac{G_n}{V_n}, \quad (19),$$

где  $V_n$  – скорость перемещения несущего полотна конвейера, м/с.

Геометрические параметры пересекающихся неограниченных пластин, образующих тело, эквивалентное насыпке ископаемого на конвейере определяются по выражениям [7]:

$$R_I = \frac{u + \sqrt{u^2 - 0,02g}}{8}; \quad R_{II} = 0,312 \cdot 10^{-3} \frac{g}{R_I} \quad (20)$$

Величины чисел  $B_i$  и  $F_0$  рассчитываются для каждый из неограниченных пластин по формулам [7]:

$$B_{II} = \frac{\alpha_n R_I}{\lambda_u}; \quad B_{III} = \frac{\alpha_n R_{II}}{\lambda_u}; \quad F_{0I} = \frac{a_n \tau}{R_I^2}; \quad F_{0II} = \frac{a_n \tau}{R_{II}^2} \quad (21)$$

где  $\alpha_n$  -коэффициент теплоотдачи от насыпки ископаемого на конвейере к воздуху в выработке, Вт/ (м<sup>2</sup>·с);

$a_n$  – коэффициент температуропроводности ископаемого насыпки на конвейере, Вт/(м·°С);

$\lambda_u$  – коэффициент теплопроводности насыпки ископаемого на конвейере, Вт / (м·°С)

$\tau$  – продолжительность транспортировки ископаемого на расчетном участке выработки, с.

Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_n$  рекомендуется определить по выражению [6,7,8]

$$\alpha_n = 3,5 \frac{G^{0,8}(U + U')}{F - F'} \quad (22)$$

где  $U, U'$  – соответственно периметр поперечного сечения выработки и конвейера, м;

$F, F'$  – площадь поперечного сечения выработки и конвейера, м<sup>2</sup>;

Величина параметра  $\theta'_{vk}$  может быть определена по таблице [7].

Величину  $\Delta P$  рекомендуется определить по формуле [8]:

$$\Delta P = 0,75n_v(t_{vn} - \varepsilon_v) - 0,5[n_1\varphi_1(t_1 - \varepsilon_1) + n_2\varphi_2(t_2 - \varepsilon_2)] + 0,25n_1(t_1 - \varepsilon_1)$$

где  $n_v, \varepsilon_v, n_1, \varepsilon_{v1}, n_2, \varepsilon_{v2}$  - коэффициенты в уравнении (23) зависимости давления насыщенных водяных паров от средней температуры насыпки ископаемого в начале расчетного участка, температуры воздуха в начале и конце расчетного участка подготовительной выработки; определяются в соответствии с рекомендациями [5] с учетом перерасчета величины  $n_v, n_1, n_2$  с размерности в мм рт.ст. на Па путем умножения на 133,322;

$t_{vn}, t_2$  – соответственно ожидаемая температура воздуха в начале и конце расчетного участка выработки, °С.

Полученные зависимости (12)-(15) рекомендуются для прогноза температуры воздуха в разных пунктах тупиковой выработки и воздухопровода при всасывающем способе проветривания а выражение (16) для расчета необходимой производительности воздухоохладителя обеспечивающего нормальные тепловые условия в призабойной зоне выработки.

СТУКАЛО В.А., к.т.н (ДонНТУ)

ПРОГНОЗ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ У ТУПИКОВІЙ ВИРОБКИ ПРИ ВСМОКТУВАЮЧИМ СПОСОБІ ПРОВІТРЮВАННЯ І ЗАСТОСУВАННІ ШТУЧНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ

У статті дано вивід розрахункові залежностей для визначення температури повітря у тупиковій виробці при всмоктувачим способі провітрювання і штучному охолодженню повітря.

ПРОГНОЗ, ТЕМПЕРАТУРА, ПОВІТРЯ, ВИРОБКА, ВИБІЙ, ТРУБОПРОВІД, ТЕПЛОВМІСТ, ВЛАГОВМІСТ, СПОСІБ, ПРОВІТРЮВАННЯ, ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧ, ДЖЕРЕЛО, ТЕПЛО

Stukalo V. A. PhD (DNTU)

FORECAST TEMPERATURE IN A DEAD-END WORKINGS OF AT VSMOKTUVAYUCHYM METHODS OF ARTIFICIAL VENTILATION AND COOLING AIR

The article given output calculated dependencies to determine the temperature of the air in the formulation at a dead-end mode vsmoktuvayuchym artificial ventilation and cooling.

FORECAST, TEMPERATURE, AIR MINES, SLAUGHTER PIPELINE, HEAT CONTENT, VLAHOVMIST, METHOD, VENTILATION, AIR, POWER, HEAT

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стукало В.А., Гущин А.М. Нестационарный теплообмен между породами и рудничным воздухом при граничных условиях третьего рода, осложненных влагообменом. / Известия вузов. Горный журнал, 1984, №12. –с. 43-48.

2. Стукало В.А., Гущин А.М. Расчет коэффициентов нестационарного теплообмене выработок при наличии испарения влаги / Известия вузов. Горный журнал, 1985, №2. – с. 35-40.

3. Стукало В.А, Щеголев В.Н. Расчет и анализ составляющих коэффициентов нестационарного теплообмена при испарении влаги с поверхности горных пород в выработках. / Разработка месторождений полезных ископаемых. Респ. межвед. Научно-технический сборник, 1990, вып. 86. – с. 53-55.

4. Стукало В.А. Расчет коэффициентов нестационарного теплообмена между породами и воздухом в тупиковых выработках при наличии испарения влаги. / Вісті ДГПІ, №2, 2013.

5. Щербань А.Н., Кремнев О.А. Научные основы расчета и регулирования теплового режима глубоких шахт. Т.І, Изд-во АННУ ССР. – К.: 1959.

6. 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. сборник, 1980, вып. 56, с. 72-78.

7. Стукало В.А. Метод учета тепловыделений на конвейерном транспорте при прогнозе теплового режима глубоких шахт. / «Разработка месторождений полезных ископаемых» Респ. межвед. научн.-техн. сборник, 1978, вып. 49, с. 50-56.

8. Стукало В.А. Совершенствование методики расчета тепловыделений при конвейерной доставке ископаемого в глубоких шахтах. / «Разработка месторождений полезных ископаемых». Респ. межвед. научн.-техн. сборник, 1984, вып. 68, с. 87-95.