

УДК [622.42/.44:536.24].001.57

В.Р. Алабьев, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
Б.В. Бокий, д-р техн. наук
(ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В
ТУПИКОВЫХ ВЫРАБОТКАХ ПРИ ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ
ФОРМИРОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА**

В.Р. Алаб'єв, канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
Б.В. Бокій, д-р техн. наук
(ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька»)

**МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ В ТУПИКОВИХ
ВИРОБКАХ ЗА ПРИРОДНИХ УМОВ ФОРМУВАННЯ ТЕПЛООВОГО
РЕЖИМУ**

V.R. Alabyev, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,
Bokiy B.V., D. Sc. (Tech.)
(PAS «A.F. Zasyadko mine»)

**DESIGN OF HEAT-EXCHANGE PROCESSES IN DEADLOCK MAKING
AT NATURAL TERMS OF FORMING OF THERMAL MODE**

Аннотация. Обоснована необходимость, для условий угледобычи на больших глубинах, использования искусственного холода для нормализации климатических условий на рабочих местах. Предложена математическая модель теплообменных процессов в тупиковых выработках при естественных условиях формирования теплового режима. На основании решения системы уравнений теплового и массового баланса для тупиковой выработки при нагнетательном проветривании и принятых допущениях получены конечные зависимости для расчета температуры воздуха в характерных пунктах тупиковой выработки. Полученные зависимости могут применяться при регулировании теплового режима тупиковой выработки с помощью различных горнотехнических мероприятий или искусственного охлаждения воздуха.

Ключевые слова: теплообменные процессы, тупиковые выработки, угольные шахты, кондиционирование рудничного воздуха

Потребность в использовании искусственного холода на шахтах Украины возрастает с каждым годом, что обусловлено ростом глубины разработки. В настоящее время более 50 шахт Донбасса ведут горные работы с нарушением Правил безопасности [5] по температурным условиям труда. На некоторых шахтах с глубиной разработки до 1300 м температура воздуха в действующих очистных и подготовительных забоях достигает 35-39 °С и выше, что приводит к росту травматизма и заболеваемости горняков.

Нормализация тепловых условий труда в таких забоях мерами горнотехнического характера без применения искусственного охлаждения воздуха невозможна [7]. Применение холодильного оборудования в угольных шахтах неразрывно связано с вопросами прогнозирования температуры воздуха в горных выработках, поскольку от точности расчетов зависит выбор и параметры работы холодильных установок.

При нагнетательной схеме проветривания тупиковых выработок вентиляционная струя проходит три характерных участка с отличающимися процессами теплообмена, которые оказывают влияние на изменение тепловлажностных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, влагосодержания и энтальпии). К таким участкам относятся: вентиляционный трубопровод (участок 0-2), призабойное пространство (участок 2-4) и участок 4-5 обратного движения вентиляционной струи от призабойной зоны до устья тупиковой выработки (рис.1.1) [1,2]

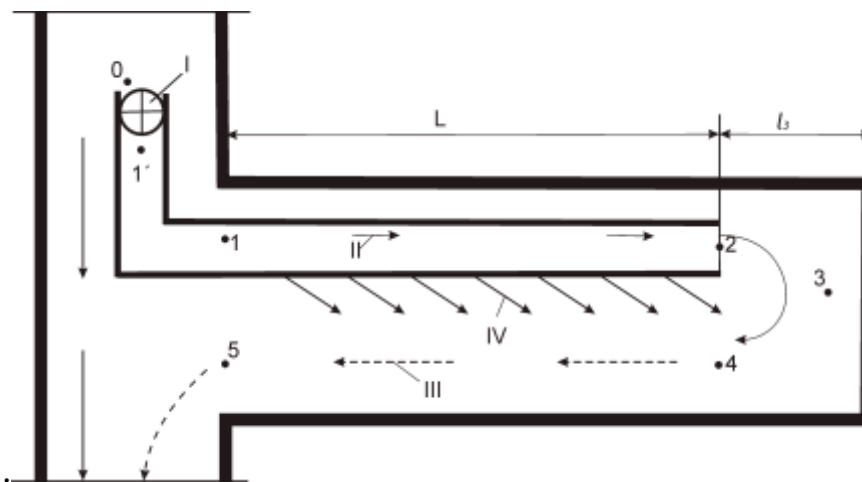


Рисунок 1- Схема тупиковой выработки: 0-5 – характерные расчетные пункты вентиляционного трубопровода и выработки; I – вентилятор местного проветривания (ВМП); II – свежая струя воздуха; III – исходящая струя; IV – утечки воздуха через трубопровод

На участке 0-2 тепловлажностные параметры воздуха изменяются под влиянием: тепловыделений при работе вентиляторной установки; теплообмена через стенки вентиляционного трубопровода с воздухом, движущимся по свободному сечению выработки; тепловыделений от сжатия или расширения воздуха при его движении по вертикальным или наклонным выработкам.

На участке 2-4 тепловлажностные параметры воздуха изменяются под влиянием: теплообмена с горным массивом и отбитой горной массой; тепловыделений горнопроходческого оборудования, машин и механизмов; теплообмена с водой, подаваемой на орошение при работе горнопроходческого оборудования.

При обратном движении вентиляционной струи по свободному сечению тупиковой выработки (участок 4-5) тепловлажностные параметры воздуха изме-

няются под влиянием: тепломассообмена с горным массивом и транспортируемой горной массой; тепломассообмена с водой в выработке; теплообмена с воздухом в вентиляционном трубопроводе; тепломассообмена с утечками воздуха из вентиляционного трубопровода; тепловыделений от работы местных источников; тепловыделений от сжатия или расширения воздуха при его движении по наклонным выработкам.

Для упрощения математической модели примем следующие *допущения*:

1. Поперечное сечение тупиковой выработки (S , м²) и ее периметр (U , м) являются постоянными по длине и равны средневзвешенным значениям.

2. Тепло- и массообменные процессы в тупиковой выработке рассматриваются как саморегулирующаяся автоматическая система и учитываются заданием среднестатистических значений относительной влажности воздуха в характерных пунктах выработки. Интенсивность изменения температуры воздуха зависит от характера изменения относительной влажности воздуха по длине выработки.

3. Относительная влажность воздуха по длине вентиляционного трубопровода и свободного сечения тупиковой выработки изменяется по линейной зависимости [3].

4. Влагосодержание воздуха в зависимости от температуры, относительной влажности и давления аппроксимировано зависимостью [3,4]:

$$x = B' - \varepsilon \varphi, \quad B' = \frac{1542n}{P - P_t^H} \quad (1)$$

где B' , n , ε – коэффициенты аппроксимации; φ – относительная влажность воздуха, д.е.; P – барометрическое давление воздуха в выработке, Па; P_t^H – парциальное давление насыщенных водяных паров при температуре воздуха t , Па;

5. На расчетном участке вентиляционного трубопровода 1'-2 (рис.1) массообменные процессы отсутствуют, т.е. влагосодержание воздуха на этом участке принимается равным $x_1 = x_2 = const$.

6. Участок вентиляционного трубопровода от места установки ВМП до устья выработки существенно мал по сравнению с длиной трубопровода в тупиковой выработке L . В связи с этим тепло- и массообменными процессами на участке 1'-1 (рис.1) можно пренебречь. Тепловлажностные параметры воздуха в вентиляционном трубопроводе в пункте 1 принимаем равными тепловлажностным параметрам в пункте 1'.

7. В соответствии с расположением расчетных пунктов 1, 5 и 2, 4 (рис.1) принимаем:

$$G_1 = G_5; \quad G_2 = G_4, \quad (2)$$

где G_1, G_2, G_4, G_5 – массовый расход воздуха, кг/с, в расчетных пунктах 1, 2, 4 и 5.

8. Массовый расход воздуха в конце вентиляционного трубопровода определяется по формуле:

$$G_2 = k_g G_1, \quad (3)$$

где k_g – коэффициент доставки воздуха.

9. Тепловыделения от электрических потерь, работы машин и механизмов, шахтной воды, транспортируемого ископаемого, людей, трубопроводов тепло- и хладонителя и других местных источников принимаются равномерно распределенными по расчетным участкам тупиковой выработки.

10. Тепловой эквивалент силы тяжести при движении воздуха по наклонным выработкам равен [4]:

$$Q_{сж} = \pm \frac{GL \sin \psi}{427}, \quad (4)$$

где G – массовый расход воздуха на расчетном участке, кг/с; ψ – угол наклона выработки, град.

С учетом принятых допущений математические модели процессов тепло-массообмена в тупиковой подготовительной выработке имеют вид уравнений теплового баланса для характерных участков:

- участок трубопровода 1-2

$$G_2 i_2 - G_1 i_1 = k_m F_m \left(\frac{t_5 + t_4}{2} - \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \pm \frac{(G_1 + G_2) L \sin \psi}{427} - G_1 - G_2 \frac{(i_1 + i_2)}{2}; \quad (5)$$

- участок тупиковой выработки 4-5

$$G_5 i_5 - G_4 i_4 = k_\tau F_6 \left(T_n - \frac{t_4 + t_5}{2} \right) + G_1 - G_2 \left(\frac{i_1 + i_2}{2} \right) \pm \frac{(G_5 + G_4) L \sin \psi}{427} + Q_6 - k_m F_m \left(\frac{t_4 + t_5}{2} - \frac{t_2 + t_1}{2} \right); \quad (6)$$

- участок призабойной зоны тупиковой выработки 2-4

$$G_4 i_4 - G_2 i_2 = k_{\tau_3} F_3 \left(T_{n_3} - \frac{t_2 + t_4}{2} \right) + Q_3, \quad (7)$$

где i – энтальпия воздуха, Дж/кг; k_m – коэффициент теплопередачи от поверхности трубопровода к воздуху, Вт/(м²·°C); F_m – площадь поверхности вентиляционного трубопровода, м²; t – температура воздуха, °C; k_{τ} – коэффициент нестационарного теплообмена между горным массивом и вентиляционной струей, Вт/(м²·°C); T_n, T_{n_3} – температура горных пород в выработке и забое соответственно, °C; Q_6, Q_3 – тепловыделения местных источников в выработке и призабойной зоне соответственно, Вт; F_6, F_3 – площадь поверхности тупиковой выработки и призабойной зоны соответственно, м². Цифровая индексация соответствует номерам характерных пунктов выработки на рис. 1.1.

Приведенная система уравнений (2.9) – (2.11) имеет четыре неизвестных: t_1, t_2, t_4 и t_5 . При ее решении используем допущения 7 и 8. Тогда с учетом (2.6), (2.7) и ряда преобразований система уравнений (2.9) – (2.11) примет следующий вид:

$$k_g i_2 - i_1 = \frac{k_m F_m}{2G_1} (t_5 + t_4 - t_2 - t_1) + k_g \frac{L \sin \psi}{854} - \frac{k_g}{2} + i_2; \quad (8)$$

$$i_5 - k_g i_4 = \frac{k_{\tau} F_6}{2G_1} (T_n - t_4 - t_5) + \frac{k_g}{2} + i_2; \\ \pm k_g \frac{L \sin \psi}{854} + \frac{Q_6}{G_1} - \frac{k_m F_m}{2G_1} (t_5 + t_4 - t_2 - t_1); \quad (9)$$

$$k_g i_4 - k_g i_2 = \frac{k_{\tau_3} F_3}{2G_1} (T_{n_3} - t_4 - t_2) + \frac{Q_3}{G_1}. \quad (10)$$

Энтальпия воздуха при линейной аппроксимации зависимости влагосодержания от температуры (допущения 3 и 4) определяется по формуле [3,4]:

$$i = c_p t + r x, \quad (11)$$

где c_p – массовая удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·°C); r – удельная теплота парообразования, Дж/кг.

Подставляя значение энтальпии воздуха (11) с учетом (1) в уравнения (8) – (10), приведем их к виду:

$$k_g c_p t_2 + rB' \varphi_2 - \varepsilon \varphi_2 - c_p t_1 - rB' \varphi_1 - \varepsilon \varphi_1 = \frac{k_m F_m}{2G_1} (t_4 - t_2 - t_1) \pm \left(1 + k_g \frac{L \sin \psi}{854} - \frac{(1 - k_g)}{2} c_p t_1 + rB' \varphi_1 - \varepsilon \varphi_1 + c_p t_2 + rB' \varphi_2 - \varepsilon \varphi_2 \right) \quad (12)$$

$$c_p t_5 + rB' \varphi_5 - \varepsilon \varphi_5 - k_g c_p t_4 + rB' \varphi_4 - \varepsilon \varphi_4 = \frac{k_\tau F_6}{2G_1} (T_n - t_4 - t_5) \pm \left(1 - k_g \right) c_p t_1 + rB' \varphi_1 - \varepsilon \varphi_1 + c_p t_2 + rB' \varphi_2 - \varepsilon \varphi_2 \pm \left(1 + k_g \frac{L \sin \psi}{854} + \frac{Q_6}{G_1} - \frac{k_m F_m}{2G_1} (t_4 - t_2 - t_1) \right) \quad (13)$$

$$k_g c_p t_4 + rB' \varphi_4 - \varepsilon \varphi_4 - k_g c_p t_2 + rB' \varphi_2 - \varepsilon \varphi_2 = \frac{k_\tau F_3}{2G_1} (T_{n_3} - t_4 - t_2) \pm \frac{Q_3}{G_1}. \quad (14)$$

В уравнениях (12) – (14) введем следующие обозначения:

$$B = \frac{r}{c_p} B'; \quad D = B\varepsilon; \quad A = \frac{k_\tau F_6}{2G_1 c_p}; \quad N = \frac{k_m F_m}{2G_1 c_p}; \quad \mu = 1 - k_g;$$

$$E = \left(1 + k_g \frac{L \sin \psi}{854 c_p} \right); \quad \Pi = \frac{Q_6}{G_1 c_p}; \quad \text{Ю} = \frac{Q_3}{G_1 c_p}; \quad \Phi = \frac{k_\tau F_3}{2G_1 c_p}.$$

После подстановки принятых обозначений и преобразований с учетом допущения 5 система уравнений (12) – (14) примет следующий вид:

$$t_2 \lambda + N + 0,5\mu - Nt_5 - Nt_4 = t_1 \left(1 - N - 0,5\mu \right) + E, \quad (15)$$

$$-t_2 \lambda + 0,5\mu + t_5 \lambda + B\varphi_5 + A + N + t_4 \lambda + N - k_g - k_g B\varphi_4 = t_1 \lambda + 0,5\mu + \mu B\varphi_1 - E + \Pi - D\varphi_1 \mu + D\varphi_5 - k_g \varphi_4 + 2AT_n, \quad (16)$$

$$t_2 \Phi - k_g + t_4 \lambda + k_g B\varphi_4 + \Phi = k_g B\varphi_1 t_1 + \text{Ю} + 2\Phi T_{n_3} + k_g D \varphi_4 - \varphi_1. \quad (17)$$

Упростим уравнения (2.19) и (2.20), введя следующие обозначения:

$$\lambda = N + 0,5\mu; \quad \mathcal{Ж} = 1 + B\varphi_5 + A; \quad F = \left(1 + B\varphi_4 \right) k_g \quad (18)$$

После преобразований уравнения (2.19) и (2.20) примут вид:

$$t_2 k_g + \lambda \bar{N} t_5 = N t_4 + t_1 k - \lambda \bar{t}_+ E, \quad (19)$$

$$\begin{aligned} -\lambda t_2 + t_5 k + N \bar{t}_- = -t_4 k + N - F \bar{t}_+ + t_1 k + \mu B \varphi_1 \bar{t}_- E + \\ + \Pi + Д \varphi_5 - k_g \varphi_4 - \mu \varphi_1 \bar{t}_+ 2AT_n. \end{aligned} \quad (20)$$

Из уравнения (19) находим значение температуры воздуха в пункте 2:

$$t_2 = \frac{N t_4 + t_1 k - \lambda \bar{t}_+ E + N t_5}{k_g + \lambda}. \quad (21)$$

Подставляя полученное выражение для температуры воздуха в конце трубопровода t_2 в уравнение (28) получим:

$$\begin{aligned} t_5 k + N \bar{t}_- - \frac{\lambda}{k_g + \lambda} [N t_4 + t_1 k - \lambda \bar{t}_+ E + N t_5 \bar{t}_- + t_1 k + \mu B \varphi_1 \bar{t}_- \\ - t_4 k + N - F \bar{t}_+ E + \Pi + Д \varphi_5 - k_g \varphi_4 - \mu \varphi_1 \bar{t}_+ 2AT_n] \end{aligned} \quad (22)$$

Из уравнения (23) с учетом обозначения $x = \frac{\lambda}{k_g + \lambda}$ и приведения однородных членов получим следующее уравнение:

$$\begin{aligned} t_5 k + N - x N \bar{t}_- = t_1 k + \mu B \varphi_1 + x k - \lambda \bar{t}_+ t_4 k + N - A - N + F \bar{t}_+ \\ + x E - E + \Pi + Д \varphi_5 - k_g \varphi_4 - \mu \varphi_1 \bar{t}_+ 2AT_n. \end{aligned} \quad (23)$$

В уравнении (2.27) введем обозначения:

$$\begin{aligned} H &= k + N - x N = k + \alpha N, \text{ где } \alpha = 1 - x; \\ j &= \lambda + \mu B \varphi_1 + x - \lambda x = x + \mu B \varphi_1 + \alpha \lambda; \\ M &= F - A - N k - x \bar{t}_- = F - A - \alpha N; \\ R &= \Pi + 2AT_n - \alpha E + Д \varphi_5 - k_g \varphi_4 - \mu \varphi_1 \bar{t}_+. \end{aligned}$$

После подстановки этих обозначений в уравнение (23) получим окончательную формулу для определения температуры воздуха в устье тупиковой выработки:

$$t_5 = \frac{j t_1 + M t_4 + R}{H}. \quad (24)$$

Подставляя полученное выражение для температуры воздуха в устье тупиковой выработки (t_5), в уравнение (23), получим следующее равенство:

$$t_2 k_g + \lambda = t_4 \left(N + \frac{NM}{H} \right) + t_1 \left(1 - \lambda + \frac{Nj}{H} \right) + E + \frac{RN}{H}. \quad (25)$$

В уравнении (25) выполним группировку членов:

$$Y = k_g + \lambda; \quad W = N \left(1 + \frac{M}{H} \right), \\ Z = 1 - \lambda + \frac{Nj}{H}; \quad \Pi = E + \frac{RN}{H}.$$

Тогда выражение для температуры воздуха на выходе из вентиляционного трубопровода примет вид:

$$t_2 = \frac{Wt_4 + Zt_1 + \Pi}{Y}. \quad (26)$$

Подставив полученное выражение для температуры t_2 в уравнение (21), получим новое равенство

$$\frac{\Phi - k_g}{Y} (Wt_4 + Zt_1 + \Pi) + t_4 k_g + B\varphi_4 + \Phi = \\ = k_g B\varphi_1 t_1 + \Theta + 2\Phi T_{n_3} + k_g D (\varphi_4 - \varphi_1) - \Pi Y. \quad (27)$$

Введем в формуле (27) обозначение $V = \frac{\Phi - k_g}{Y}$ и произведем ее упрощение путем приведения однородных членов:

$$t_4 (WV + F + \Phi) = t_1 k_g B\varphi_1 - YZ + \Theta + 2\Phi T_{n_3} + k_g D (\varphi_4 - \varphi_1) - \Pi Y. \quad (28)$$

Приняв в равенстве (28) обозначения

$$V = WV + F + \Phi; \quad \Theta = k_g B\varphi_1 - YZ; \\ \Xi = \Theta + 2\Phi T_{n_3} + k_g D (\varphi_4 - \varphi_1) - \Pi Y,$$

получим следующее значение для t_4 :

$$t_4 = \frac{\Theta t_1 + \mathcal{E}}{V}. \quad (29)$$

Подставляем полученное значение температуры в пункте t_4 в формулу (26), и после ряда преобразований, вводя обозначение $Y = \frac{W}{V}$, получим окончательное выражение для расчета температуры воздуха на выходе из трубопровода t_2 :

$$t_2 = \frac{t_1 \Theta + Z + \mathcal{I} + \mathcal{E}Y}{Y}. \quad (30)$$

Из уравнения (34) находим окончательную формулу для расчета температуры воздуха t_4 на выходе из призабойной зоны

$$t_4 = \frac{Yt_2 - Zt_1 - \mathcal{I}}{W}. \quad (31)$$

Таким образом, на основании решения системы уравнений теплового и массового баланса для тупиковой выработки при нагнетательном проветривании и принятых допущениях конечные зависимости для расчета температуры воздуха в характерных пунктах тупиковой выработки с учетом индексации по расчетным участкам имеют вид:

- температура воздуха на выходе вентиляционного трубопровода

$$t_2 = \frac{t_1 \Theta + Z + \mathcal{I} + \mathcal{E}Y}{Y}; \quad (32)$$

- температура воздуха в призабойной зоне

$$t_4 = \frac{Yt_2 - Zt_1 - \mathcal{I}}{W}; \quad (33)$$

- температура воздуха в устье выработки

$$t_5 = \frac{jt_1 + Mt_4 + R}{H}. \quad (34)$$

Если в результате расчетов, выполненных по формулам (32)-(34), температура воздуха в призабойной зоне t_4 и в устье выработки t_5 будет превышать допустимые санитарными правилами нормы [5,6], то необходимо осуществлять

регулирование теплового режима тупиковой выработки с помощью различных горнотехнических мероприятий или искусственного охлаждения воздуха.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Розробити СОУ-Н «Прогнозування та нормалізація теплових умов у вугільних шахтах». Етап 2. Підготувати ТЗ на СОУ-Н «Прогнозування та нормалізація теплових умов у вугільних шахтах»: звіт о НДР (проміж.) / МакНДІ; кер. Алаб'єв В.Р., Яковенко А.К. – Макіївка, 2009. – 93 с. – № ГР 0108U003798.
2. Кузин, В.А. Совершенствование методов прогноза температурных условий в тупиковых подготовительных выработках / В.А.Кузин, В.Р. Алабьев // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. научн. тр. – Макеевка: МакНИИ. – 2010.
3. Разработать единую методику прогнозирования температурных условий в глубоких шахтах: отчет о НИР / МакНИИ; рук. Кузин В.А. – Макеевка-Донбасс, – 1977. – 193 с. – № ГР 75036797.
4. Щербань, А.Н. Руководство по регулированию теплового режима шахт / А.Н.Щербань, О.А.Кремнев, В.А.Журавленко. – М.: Недра, 1977. – 359 с.
5. НПАОП 10.0-1.01-10. Правила безпеки у вугільних шахтах: Затв. наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.03.2010 № 62.- Київ: 2010 – 2154 (Нормативний документ Мінвуглепрому України) - 430 с.
6. ДСП 3.3.1.095-02. Державні санітарні правила і норми (підприємства вугільної промисловості). – К.: М-во охорони здоров'я України, 2002. – 35 с.
7. Оптимизация систем охлаждения воздуха в глубоких шахтах / Ю.А. Цейтлин, С.Е. Огарков, Ю.И. Проскуровский, Э.Г. Семешко – Киев: Наук. думка, 1993. – 195с.

REFERENCES

1. To Develop SOU-N «Prognostication and normalization of thermal terms in coal mines». Stage 2. To Prepare TT on SOU-N «Prognostication and normalization of thermal terms in coal mines»: report about SIV (interm.) / MakSII; hands Alabyev V.R., Yakovenko A.K., Makiyivka, 2009
2. Cousin V.A. and Alabyev V.R. (2010), «Perfection methods of prognosis of temperature terms in the deadlock preparatory making», *Sposoby i sredstva sozdaniya bezopasnikh usloviy truda v ugolnikh shakhtakh* : sb. nauchnikh trudov [Methods and facilities of creation of safe and healthy terms of labour in coal mines: sb. nauchn. tr.], no. 11, pp. 145-157.
3. «To develop the single method of prognostication of temperature terms in deep mines: report about NYR» (1977), MakNYI; hands. Kuzin V,A., Makeevka, Ukraine.
4. Scherban A.N., Kremnev O.A. and Zhuravlenko V.A. (1977), *Rukovodstvo po regulirovaniyu teplovogo rezima shakht* [Руководство on adjusting of the thermal mode of mines], Nedra, Moscow, USSR.
5. Statutory broker of Ukraine from industrial safety, labour protection and mountain supervision (2010), *NPAOP 10.0-1.01-10. Pravila bezpeky u vugilnikh shakhtarh* [NPAOP 10.0–1.01-10 Rules of safety in coal mines], Kiev, Ukraine.
6. Ministry health care of Ukraine (2002), *DSP 3.3.1.095-02 Derzhavni sanitarni pravila i normi (pidpriemstva vugilnoi promislovosti)* [SSP 3.3.1.095-02. State sanitary rules and norms (enterprises of coal industry)], Kiev, Ukraine.
7. Tseytlyn Yu.A., Ogarkov S,Ye.,ProskurovskyYu.I. and Semeshko E.G. (1993), *Optimizaciya system orhlazdeniya vozdukha v glubokikh shakhtakh* [Optimization of the systems of cooling of air in deep mines], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.

Об авторах

Алабьев Вадим Рудольфович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заместитель директора ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько», Донецк, Украина, avr.09@mail.ru

Бокий Борис Всеволодович, доктор технических наук, заместитель генерального директора ПАО «Шахта им. А.Фю Засядько», Донецк, Украина,

About the authors

Alabiyev Vadim Rudolfovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Reseacher, deputy director of PAS «Mine named A.F. Zashadko», Donetsk, Ukraine, avr.09@mail.ru

Bokiy Boris Vsevolodovich, Doctor of Technical Sciences (Ph.D.), Deputy Director of PAS «Mine named A.F. Zashadko», Donetsk, Ukraine,

Анотація. Обґрунтована необхідність, для умов **вуглевидобування** на великих глибинах, використання штучного холоду для нормалізації кліматичних умов на робочих місцях. Запропонована математична модель теплообмінних процесів у тупикових виробках за природних умов формування теплового режиму. На підставі **рішення** системи рівнянь теплового і масового балансу для тупикової виробки під час нагнітального провітрювання і при прийнятних допущеннях **одержані** кінцеві залежності для розрахунку температури повітря в **характерних** пунктах тупикової виробки. **Одержані** залежності можуть застосовуватися при регулюванні теплового режиму тупикової виробки за допомогою різних гірничотехнічних заходів або штучного охолодження повітря.

Ключові слова: теплообмінні процеси, тупикові вироблення, вугільні шахти, кондиціонування рудникового повітря

Abstract. Abstract. A mathematical model of the heat-exchange processes occurred in the blind drifts under natural conditions of the thermal rate formation is proposed. Basing on accepted assumptions and solution of a system of equations for thermal and mass balance in the blind drift at the pressure ventilation certain dependences were specified for calculating air temperature in specific areas of the blind drift. These dependences can be used for adjusting thermal rates in the blind drifts with the help of different technical facilities or artificial cooling of air.

Keywords: heat-exchange processes, blind drifts, coal mines, conditioning of mine air

Статья поступила в редакцию 22.02.2013

УДК 622.414.2.001.2

М.Н. Дудник, мл. научн. сотр.,
В.Н. Веретенник, мл. научн. сотр.,
А.И. Вишницкий, мл. научн. сотр
(ИГТМ НАН Украины)

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРЫЛЬЧАТКИ ПЕРЕНОСНОГО РУДНИЧНОГО АНЕМОМЕТРА АПР-2

М.Н. Дуднік, мол. наук. співр.,
В.М. Веретеннік, мол. наук. співр.,
О.І. Вишницький, мол. наук. співр.
(ІГТМ НАН України)

ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КРИЛЬ- ЧАТКИ ПЕРЕНОСНОГО РУДНИКОВОГО АНЕМОМЕТРА АПР-2

M.N. Dudnik, M.S. (Tech.),
V.N. Veretennik, M.S. (Tech.),
A.I. Vishnitskiy, M.S. (Tech.)
(IGTM NAS of Ukraine)

CHOICE AND GROUND OF AERODYNAMIC PARAMETERS OF THE KRYL'CHATKY PORTABLE MINE ANEMOMETER APR-2

Аннотация. В статье дан анализ особенностей, достоинств и недостатков используемых в мировой практике приборов измерения скорости воздушного потока в горных выработках.

Отмечено, что мировые тенденции совершенствования тахометрических преобразователей расхода воздуха сводятся, в основном, к улучшению конструкции узлов вращения, для чего необходимо использовать современные износостойчивые материалы или сверхминиатюрные подшипники качения. Оптимальным, по существующим представлениям, для современных анемометров высокого класса, имеющих нижний предел диапазона измерений 0,2 – 0,25 м/с, является использование крыльчаток диаметрами 70 – 100 мм.; обосновано уменьшение геометрических параметров крыльчатки, что увеличивает точность измерений. Приведен метод выбора оптимальных аэродинамических параметров крыльчатки: количества и формы лопастей, угла их установки. Полученные результаты использованы при совершенствовании существующей модели АПР-2, а также при создании опытного образца прибора контроля расхода воздуха и депрессии горных выработок.

Ключевые слова: тахометрический преобразователь, воздушный поток, анемометр, крыльчатка, скорость, диапазон измерений, надежность

В настоящее время мировая приборостроительная промышленность производит очень широкий спектр средств измерений скорости воздушного потока – анемометров. Это приборы различного назначения, принципов действия, классов точности и ценовых категорий. Их номенклатура постоянно обновляется, а технические показатели и точность измерений растут.