

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шахтный подъем: Научно-производственное издание / Бежок В.Р., Дворников В.И., Манец И.Г., Пристром В.А.; общ. ред. Б.А. Градуший, В.А. Корсун.— Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2007.— 624 е., 494 ил., 233 библиогр.
2. Трибухин В.А. Обоснование параметров и режимов торможения шахтных подъемных машин с много-модульным дисковым тормозом: автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.06 «Горные машины» / Трибухин Валерий Анатольевич; НИИ горной механики им. М.М.Федорова (НИИГМ им. М.М.Федорова). – Донецк, 2003. – 16 с: ил., табл. – Библиогр.:с. 17-18.
3. Димашко А.Д. Шахтные электрические лебедки и подъемные машины / Димашко А.Д., Гершиков И.Я., Кривневич А.А. – М.:Недра, 1973.- 310 с.
4. Вертикальный транспорт на горных предприятиях / [Потураев В.Н., Червоненко А.Г., Колосов Л.В., Безпалько В.В.] – М.:Недра, 1975.- 351с

УДК 662.418+413.4 (088.8)

**И.А. Шайхлисламова, к.т.н.
(Государственное ВУЗ «НГУ»)**

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВЯЗИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Запропонована нова система функціональних зв'язків термодинамічних параметрів рудникового повітря, що дозволило пов'язати вологовміст, ентальпію і ентропію повітря з двома незалежними змінними, що спрощує розрахунки складних термодинамічних процесів при вирішенні завдань гірничої теплофізики, рудникової вентиляції і кондиціонування рудникового повітря в глибоких шахтах

FEATURES OF THERMODYNAMIC PARAMETERS OF MINE AIR

The new system of functional relationships of the thermodynamic parameters of ore-nikov air, allowing moisture to associate, enthalpy and entropy of the air with two independent variables, which simplifies the calculations of complex thermodynamic processes in solving problems of Mining Thermophysics, mine ventilation and air conditioning air mine-tion in deep mines

Рудничный воздух при движении по горным выработкам подвергается нестационарным политропным процессам тепломассообмена с горным массивом, в связи с чем он претерпевает существенные изменения, особенно в глубоких шахтах. Изменяется газовый состав воздуха, его барометрическое давление, температура, относительная влажность, влагосодержание, и, как следствие, изменяются интегральные показатели воздуха: плотность, энтальпия (теплосодержание), энтропия, негэнтропия (информационная составляющая) и другие термодинамические параметры и функции состояния воздуха [1].

При решении задач горной теплофизики, вентиляции, кондиционирования рудничного воздуха, холодильной техники, применяемой в шахтах возникает необходимость определения термодинамических параметров и расчета термодинамических процессов рудничного воздуха. Аналитический аппарат, используемый для этих целей, требует применения громоздких таблиц и не обеспечивает достаточной оперативности и наглядности анализа термодинамических процессов. Что касается существующих графических методов расчета влажного

воздуха, то к их общим недостаткам следует отнести узкую специализацию и ограниченное количество переменных параметров. Поэтому даже наиболее совершенные из них обладают недостаточной универсальностью, дополнительно требуют выполнения аналитических расчетов или применения специальных таблиц, что снижает достоинства графического метода в целом.

В данной работе путем анализа существующих и ввода ряда новых зависимостей предложена новая система функциональных связей термодинамических параметров рудничного воздуха.

Интегральным показателем теплового состояния рудничной атмосферы может служить энтальпия рудничного воздуха – функция состояния воздуха, зависящая от его состава, температуры и давления.

Учитывая атмосферное давление и положительные температуры воздуха в горных выработках, можно с достаточной степенью точности рассматривать ненасыщенный воздух как идеальный газ, подчиняющийся известному уравнению

$$i = u + p\nu, \quad (1)$$

где i – удельная энтальпия воздуха, кДж/кг; u – внутренняя энергия, кДж/кг; p – абсолютное давление, кН/м²; ν – удельный объем воздуха, м³/кг.

Дифференциал внутренней энергии, как функции состояния воздуха, является полным дифференциалом [2] и описывается уравнениями (2):

$$\left. \begin{aligned} du &= \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_\nu dT + \left(\frac{\partial u}{\partial \nu} \right)_T d\nu; \\ du &= \left(\frac{\partial u}{\partial p} \right)_T dp + \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_p dT; \\ du &= \left(\frac{\partial u}{\partial p} \right)_\nu dp + \left(\frac{\partial u}{\partial \nu} \right)_p d\nu; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где T – абсолютная температура воздуха, К.

С учетом того, что для идеального газа $\left(\frac{\partial u}{\partial \nu} \right)_T = 0$, а $\left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_\nu = c_\nu$, уравнение (2) приобретает вид

$$du = c_\nu dT, \quad (3)$$

где c_ν – изохорная теплоемкость влажного воздуха, кДж/(кг·град).

Энтальпия может быть выражена разным сочетанием термодинамических параметров: p, T ; p, ν ; ν, T .

Дифференциал энтальпии является полным дифференциалом [2] и описывается уравнениями (4):

$$\left. \begin{aligned} di &= \left(\frac{\partial i}{\partial p} \right)_T dp + \left(\frac{\partial i}{\partial T} \right)_p dT; \\ di &= \left(\frac{\partial i}{\partial p} \right)_v dp + \left(\frac{\partial i}{\partial v} \right)_p dv; \\ di &= \left(\frac{\partial i}{\partial v} \right)_T dv + \left(\frac{\partial i}{\partial T} \right)_v dT. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Уравнение (1) с учетом уравнений (3), Клапейрона ($p v = RT$) и Майера ($c_p = c_v + R$) в дифференциальной форме приобретает вид

$$di = du + d(RT) = c_v dT + R dT = c_p dT,$$

где c_p – изобарная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·град); R – газовая постоянная влажного воздуха, кДж/(кг·К),

$$R = 0,287 \frac{1 + 1,608x}{1 + x},$$

где x – влагосодержание воздуха, кг/кг с.в.;

Изменение энтальпии рудничного воздуха в термодинамических процессах определяется начальным и конечным состояниями воздуха и не зависит от характера процесса.

$$\Delta i = \int_1^2 c_p dT = i_2 - i_1.$$

Энтальпия обладает свойством аддитивности, поэтому для влажного воздуха энтальпию представляют в виде суммы энтальпий сухого воздуха и водяного пара

$$i = i_c + x i_n,$$

где i – энтальпия влажного воздуха, кДж/кг с.в.; i_c – энтальпия сухого воздуха, кДж/кг с.в.; i_n – энтальпия водяного пара, кДж/кг.

В расчетах рудничной вентиляции и кондиционирования воздуха рекомендуется [2] применять следующее выражение для определения энтальпии влажного воздуха:

$$i = 1,004t_c + x[2501 + at_n + \bar{c}_n(t_c - t_n)]. \quad (5)$$

где \bar{c}_n – средняя изобарная теплоемкость водяного пара, кДж/(кг·град); t_c – температура по сухому термометру, град; t_n – температура насыщения при данном парциальном давлении водяного пара, град, a – коэффициент аппроксимации функции $i'' = f(t_n)$, таблица 1.

Таблица 1 – Значение коэффициента a в уравнении (5)

t_n , град	1-10	11-20	21-30	31-40
a	1,84	1,835	1,83	1,825

Уравнения термодинамики позволяют составить схему функциональных связей между отдельными параметрами влажного воздуха. Состояние парогазовой смеси можно определить тремя переменными, в частности, влагосодержанием d , энтропией ΔS и энтальпией i , которые имеют функциональную зависимость от трех других параметров [3]:

$$\left. \begin{aligned} d &= f_1(P_H, \varphi, B) = f_1'(t, P_{II}, B) \\ i &= f_2(t, \varphi, B) = f_2'(t, P_{II}, B), \\ \Delta S &= f_3(t, \varphi, B) = f_3'(t, P_{II}, B), \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где d – влагосодержание воздуха, г/кг_{с.в.}; ΔS – энтропия, кДж/кг; $f_1, f_1', f_2, f_2', f_3, f_3'$ – функции состояния воздуха; P_H – давление насыщения воздуха, мб; $\varphi = P_{II}/P_H$ – относительная влажность, %; B – барометрическое давление, мб; P_{II} – парциальное давление водяного пара, мб.

Поскольку уравнение с тремя независимыми переменными геометрически интерпретируется поверхностью, то не представляется возможным реализовать его в диаграмме, где можно оперировать лишь двумя независимыми переменными. Поэтому существующие диаграммы влажного воздуха, представляют те частные случаи графической реализации функциональных связей параметров влажного воздуха, которые характеризуются не более чем двумя независимыми переменными.

Исходя из сказанного, преобразуем функциональные связи между термодинамическими параметрами и функциями состояния влажного воздуха таким образом, чтобы исключить тройные зависимости отдельных переменных. Это может быть достигнуто вводом дополнительных функций $\delta, \tau, \Delta S_b, \Delta S_B$ имеющих функциональные связи только с двумя независимыми переменными (7):

$$\left. \begin{aligned} d &= f_1(\delta, P_H) = f_1'(\delta, t) = f_1''(\tau, t) = f_1'''(\tau, \delta), \\ i &= f_2(\delta, P_H) = f_2'(\delta, t) = f_2''(\tau, t) = f_2'''(\tau, \delta), \\ \Delta S &= f_3(\Delta S_t, \Delta S_B), \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где $\delta = \varphi/B$ – коэффициент влажности воздуха; $\tau = 1/RT$ – изобарный коэффициент плотности воздуха, кг/кДж; $\Delta S_t = \int_{T_0}^T c \frac{dT}{T}$ – температурная составляющая энтропии, кДж/(кг · К); $\Delta S_B = R \ln \frac{B}{B_0}$ – составляющая энтропии по давлению, кДж/(кг · град.); B_0 – уровень отсчета энтропии по давлению.

Функциональная схема (рис.1) в этом случае приобретает конструкцию, в которой между отдельными параметрами и функциями имеются лишь двойные определяющие связи.

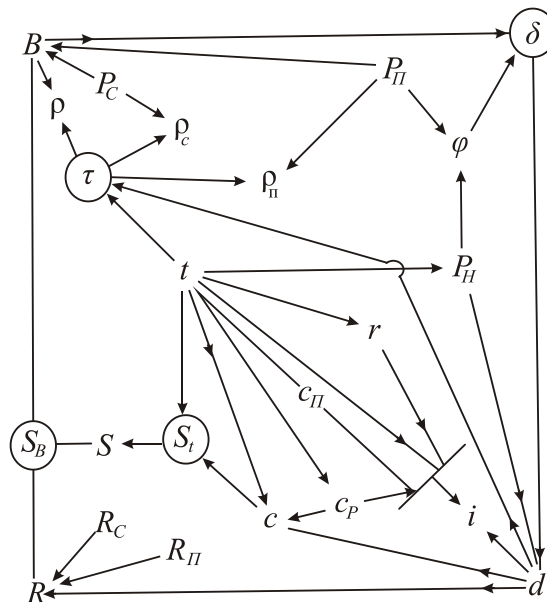


Рис.1 – Функциональные связи термодинамических параметров влажного воздуха

Таким образом, предложена новая система функциональных связей термодинамических параметров рудничного воздуха, включающая новые параметры: коэффициент влажности, изобарный коэффициент плотности и составляющие энтропии по температуре и давлению, что позволило связать влагосодержание, энтальпию и энтропию воздуха с двумя независимыми переменными. Данное решение может использоваться при расчетах сложных термодинамических процессов горной теплофизики, рудничной вентиляции и кондиционирования рудничного воздуха в глубоких шахтах, в частности оно нашло применение при разработке системы перераспределения тепловлажностного потенциала рудничного воздуха [4].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Муравейник В.И. Особенности термодинамических процессов в воздухоподающих стволах глубоких шахт / Муравейник В.И., Алексеенко С.А., Шайхлисламова И.А.; – Днепропетровск: Сборник научных трудов национальной горной академии Украины. 2002. Т.1. №13. С.189-193.
2. Муравейник В.И. Внутренняя энергия и энтальпия рудничного воздуха / Муравейник В.И., Алексеенко С.А., Шайхлисламова И.А.; – Днепропетровск: Науковий вісник НГАУ, 2002. №5. С.88-90.
3. Муравейник В.И. Термодинамика влажного воздуха: Учеб. пособие / Муравейник В.И. и др.–К.: КИСИ, 1978.– 88 с.
4. Пат. 53467 Україна, МПК 7 E21F 3/00. Спосіб кондиціонування рудникового повітря та установка для його здійснення/Муравейник В.І., Алексеенко С.О., Шайхлісламова І.А. та ін.; заявник і патентовласник Національний гірничий ун-т. - №2002064680; заявл. 07.06.02; опубл. 15.12.2006, бюл. №12.

УДК 622.016.25

Е.З. Маланчук, к.т.н.; С.Е. Стець, к.т.н.;
Р.В. Жомырук, к.т.н.; В.В. Величко, инженер
(Национальный университет водного
хозяйства и природопользования)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

У представленій роботі наведено результати промислових іспитів комплексу геотехнологічного випробування

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF AVTOMATIZATION OF COMPLEX OF GEOTECHNOLOGIC RESEARCH OF DEPOSIT

The results of industrial tests are resulted in the presented work complex of geotechnological assay

Согласно геологическим исследованиям базальтовые месторождения Волыни имеют высокое содержание меди, представляющей промышленный интерес [1]. По данным Ровенской геологической экспедиции одним из таких участков является действующий в наше время Рафаловский базальтовый карьер, который производит строительный щебень [2]. Добыча и переработка базальтов для получения меди в них не производилась. Уникальность месторождения заключается в наличии самородной меди в промышленных масштабах, причем, она содержится в трех основных составляющих по породному составу месторождения – базальте, туфе и лавобрекчии. Кроме того, все три составляющие обладают высоким содержанием титаномагнетита, поэтому в настоящее время изучается вопрос возможности добычи полезного компонента и комплексной переработки месторождения [3, 4].

Для проверки состояния и достоверности использования скважинной геотехнологии на предполагаемом месторождении и обследования выемочных камер на предмет оптимизации параметров автоматизированного комплекса, а