



R22

Рис.2. Графік залежності аеродинамічного опору R2 ($\text{H c}^2/\text{м}^8$) від швидкості посування очисного вибою V_{oz} (м/доб)

Висновок. При розрахунку аеродинамічного опору виробленого простору виявилось, що при збільшенні швидкості посування очисного вибою аеродинамічний опір зменшується. Визначення аеродинамічних опорів вироблених просторів запропонованим методом дає змогу розглянути важливі аеродинамічні елементи вентиляційної мережі в любых діапазонах зміни витрат і депресій, що особливо необхідно в умовах оперативного регулювання провітрювання.

Список літератури

1. Пучков Л.А., Каледина Л.О. Динамика метана в вироботаних пространствах угольних шахт. – М.:Издательство Московского государственного горного университета, 1995. -313 с.
2. Пучков Л.А. Аэродинамика подземных вироботаних пространств. – М.:МГУ, 1993. – 267 с.

УДК622.8.7:502

ТИШИН Р.А., инж. (МакНИИ),ГОГО В.Б., доктор техн. наук, РЫБИН Д.В.,
КОВАЛЕНКО А.Ю. студ., (КИДонНТУ)

КОМПЛЕКСНЫЙ ПРОЦЕСС ГИДРОБЕСПЫЛИВАНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Вкладено сутність комплексного процесу гідрознеплення та кондиціонування повітря у гірничих виробкахглибоких шахт

Сущность проблемы и ее актуальность обусловлены тем, что развитие национальной горнодобывающей и угольной промышленности требует решения

глобальных проблем по обеспечению охраны труда шахтеров, в создании комфортных условий по качеству воздуха производственной среды. Микроклиматическая обстановка технологических зон очистных и проходческих забоев, особенно глубоких шахт, требует кондиционирования воздуха – его очистки от пыли и охлаждения. Для этого наиболее рациональными являются гидродинамические установки, в которых воздух обрабатывается капельной жидкостью. Анализ известных научных работ и технических показателей действующих на шахтах установок показал, что нерешенным вопросом является оценка конечной температуры воздуха после обработки его потоком капельной жидкости, что является необходимым для разработки эффективных средств гидродинамического кондиционирования воздуха в условиях горных выработок.

Цель исследования, излагаемого в статье: определить температуру воздуха, имеющего известные начальные параметры, в результате перемещения его через объемный поток капель воды или жидкости известных свойств.

Основная часть статьи. Принимаем, что система «газ – капли» адиабатная, а массоперенос между фазами не учитывается.

Рассмотрим теплообмен между газом и одиночной каплей.

Поток теплоты в единицу времени через границу раздела фаз из газа в каплю определим соотношением, вытекающим из закона Рихмана[1]:

$$q = 4\pi R^2 A(T_1 - T_2), \quad (1)$$

где q – поток теплоты;

R – радиус капли; A – коэффициент теплоотдачи между фазами;

T_1 – начальная температура газа;

T_2 – начальная температура жидкости (воды) капли.

Принимаем, что изменение температуры жидкости в капле соответствует сферически – симметричному процессу, т.е.:

$$T_2(r) = \frac{3}{4\pi R^3} \int_0^R 4\pi r^2 T_2(r_2, t) dr_2, \quad (2)$$

где $T_2(r_2, t)$ – температура в капле в момент времени t на расстоянии r_2 от ее центра.

Коэффициент теплоотдачи определим по параметрам капли[2]:

$$A = \frac{Nu_2 \lambda_2}{2R}, \quad (3)$$

где Nu_2 , λ_2 – соответственно, число Нуссельта и коэффициент теплопроводности жидкости капли.

В гидро – и термодинамике имеются экспериментальные зависимости числа Нуссельта от чисел Рейнольдса (Re_2) и Прандтля (Pr_2) в зависимости от состояния капли в несущей среде (газа). Применим выражение[1]:

$$Nu_2 = 2 + 0,46 Re_2^{0,55} Pr_2^{0,33}; (1 < Re_2 < 10^4; 0,6 < Pr_2 < 400),$$

где $Re_2 = \frac{2R(\vartheta_2 - \vartheta_1)}{\nu^2}$ – число Рейнольдса;

$Pr_2 = \frac{\mu_2 g C_p^2}{\lambda_2}$ – число Прандтля;

μ_2 – динамическая вязкость жидкости;

ν_2 – кинематическая вязкость жидкости.

Используя (1), определим скорость изменения температуры капли:

$$\frac{dT_2}{dt} = \frac{q}{C_2 m_2}, \quad (4)$$

где C_2 – удельная массовая теплоемкость воды; m_2 – масса капли.

Согласно (4) температура газа изменяется по зависимости:

$$T_1 = T_2 + \frac{C_2 m_2}{A} \frac{dT_2}{dt}. \quad (5)$$

Принимаем, что до начала взаимодействия температуры газа и жидкости известны. Обозначим в (5) отношение:

$$\frac{C_2 m_2}{A} = \tau \text{ – постоянная времени нагрева жидкости капли.}$$

К зависимости (5) применим прямое преобразование Лапласа в виде:

$$\tau [p T_2(p) - T_2(0)] + T_2(p) = \frac{1}{p} T_1 \quad (6)$$

при условии, что

$T_2(0) = T_2$, а (p) принимает значения:

$$p_1 = 0; \quad p_2 = -\frac{1}{\tau},$$

где p_1 и p_2 – соответственно, полюса, совпадающие с началом системы координат, при прямом (p_1) и обратном (p_2) преобразованиях Лапласа.

Тогда из (6) получим:

$$\begin{aligned} \tau p T_2(p) + T_2(p) &= \frac{1}{p} T_1 + \tau T_2, \\ T_2 &= \frac{1}{\tau} [T_2(p)(\tau p + 1) - \frac{T_1}{p}], \\ T_2(p) &= \frac{T_1 + \tau T_2(p)}{p[\tau p + 1]}. \end{aligned} \quad (7)$$

Применим к (7) обратное преобразование Лапласа, учитывая, что корни знаменателя (7) имеют значения:

$$p_1 = 0; \quad p_2 = \tau^{-1} \quad (8)$$

получим

$$\frac{T_1 + \tau T_2(p)}{p \tau} = T_2 + \frac{T_1}{p \tau}; \quad (9)$$

Подставляя в (9) значения (8), имеем

$$(T_1 - T_2) e^{-\alpha} = -\frac{1}{\tau} \cdot \tau = (T_2 - T_1)^\alpha \quad (10)$$

или конечная температура капли:

$$T_2(t) = T_1(1 - e^{-\alpha}) + T_2 e^{-\alpha}, \quad (11)$$

где $\alpha = \frac{t}{\tau}$ – относительный параметр времени нагрева жидкости капли.

Количество теплоты, полученное каплей в единицу времени:

$$q = C_2 m_2 (T_2(t) - T_2), \quad (12)$$

где $T_2(t)$ – конечная температура нагрева капли определяемая по(11).

Количество теплоты, полученное всеми каплями потока в единицу времени:

$$Q_k = \frac{M}{m_2} C_2 m_2 [T_2(t) - T_2] = MC_2 [T_2(t) - T_2], \quad (13)$$

где M – массовый расход воды через диспергирующую форсунку, кг/с.

Тепловой поток, отданный воздухом потоку капель, будет равен:

$$Q = m_1 C_1 (T_1 - \theta), \quad (14)$$

где m_1 – массовый расход воздуха; C_1 – удельная массовая теплоемкость воздуха;

T_1 – начальная температура воздуха;

θ – конечная температура воздуха.

На основе закона сохранения энергии приравняем (13) и (14), откуда найдем конечную температуру воздуха θ , т.е.:

$$\begin{aligned} MC_2 [T_2(t) - T_2] &= m_1 C_1 (T_1 - \theta); \\ \theta &= T_1 - \frac{MC_2}{m_1 C_1} [T_2(t) - T_2], \end{aligned} \quad (15)$$

учитывая (11), запишем (15) в виде:

$$\theta = T_1 - \frac{MC_2}{m_1 C_1} [T_1(1 - e^{-\alpha}) + T_2 e^{-\alpha} - T_2]. \quad (16)$$

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, конечная температура воздуха в процессе его взаимодействия с каплями в течение одной секунды, т.е. при условии:

$$t = 1, \quad \alpha = \frac{1}{\tau} = \frac{A}{C_2 m_2},$$

где A – коэффициент теплоотдачи, определяемый по(3), может быть теоретически найденно зависимости (16).

Как показали экспериментальные исследования, при начальной температуре воздуха 25⁰С и начальной температуре воды 18⁰С, диспергируемой на капли форсункой, изготовленной как импульсно-волновой многокамерный эжектор[3], температура воздуха снижается в среднем на 3,6⁰С, что весьма удовлетворительно согласуется с расчетным значением.

В последующих исследованиях намечается теоретически и экспериментально обосновать параметры установок для гидро-динамического импульсно-волнового обеспыливания и кондиционирования рудничного воздуха в определенных условиях глубоких шахтах.

Источники информации

1. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена /С.С. Кутателадзе. –М.:Атомиздат, 1979. –415с.
2. Исаченко В.П. Теплопередача/В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел.– М.: Энергоатомиздат, 1981. –417с.
3. Пат. 16953 Украина, МПК F 04 F 5/16.Ежектор / Гого В. Б., Малеев В. Б.; заявник та патентовласник Донецький НТУ; заявл. 10.11.05 ; опубл. 15.09.06, Бюл. № 9.

УДК 622.411.52:532:6

ТИШИН Р.А., инж., МНУХИН А.Г. д.т.н. (МакНИИ), ГОГО В.Б., д.т.н. (КИИДонНТУ)
**ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОХЛАЖДЕНИЯ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА В ГЛУБОКИХ ШАХТАХ**

Развитие угольной промышленности Украины, требует решения актуальных задач по охране труда. К тревожной статистике профессиональных заболеваний шахтеров в последнее время присоединяется информация о заболеваниях сердечно-сосудистой системы, вызванных перегревом организма шахтеров работающих в глубоких шахтах, где температура воздуха достигает 35-45⁰С. По данным Государственного Макеевского научно-исследовательского института по безопасности работ в горной промышленности государство ежегодно несет значительные экономические потери от указанных причин.

В условиях глубоких угольных шахт с горизонтами более 1000м основными источниками нагрева рудничного воздуха в горных выработках являются горные породы, температура которых порядка 40⁰С, а также мощные (порядка 100кВт) подземные электроустановки (электротрансформаторы, электродвигатели и т.д.), которые обеспечивают технологические процессы очистки и проходческих работ, транспортирования горной массы и т.д., но усугубляют проблему, нагревая рудничный воздух.

Анализ научных исследований и технических решений, показал, что основным способом охлаждения мощных шахтных электроустановок является воздушное, водяное и масляное охлаждение.

Наряду с определенными успехами, достигнутыми в реализации этого способа охлаждения, сохраняется важная научная задача в раскрытии закономерностей процесса снижения температуры нагрева рудничного воздуха в зонах расположения мощных электроустановок, что позволит повысить эффективность охлаждения и кондиционирования воздуха, особенно в выработках на глубоких горизонтах.

При этом не поставлены и не решены важные теоретические задачи по использованию системы турбулентного воздушного потока визолированной локальной зоне расположения мощного электроагрегата для повышения эффективности охлаждения рудничного воздуха в горной выработке. Это сохраняет устаревшие подходы к выбору мероприятий по локальному охлаждению воздуха в шахте и препятствует более широкому применению гидроохлаждения потоком диспергированной воды для создания нормативных условий труда рабочих угольной шахты по температурному фактору.

Анализ аналогичных исследований показывает, что теоретическую задачу повышения эффективности охлаждения рудничного воздуха капельной жидкостью следует решать комплексно, на основе использования гидродинамических, в частности импульсно-волновых, и термодинамических эффектов, к примеру, с применением предварительно охлажденной воды и созданием массо-теплообменных аппаратов.