

Рукопись поступила в редакцию 21.03.13

УДК 622.413.3

А.А. ЛАПШИН, канд. техн. наук, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШАХТНЫХ ВОД ДЛЯ ФОРСУНОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Приведена характеристика микроклимата в глубоких рудных шахтах Кривбасса. Одним из основных факторов, влияющих на ухудшение микроклимата является высокая температура воздуха в горных выработках. Для нормализации микроклимата предложен способ форсуночного охлаждения рудничного воздуха с использованием шахтных вод.

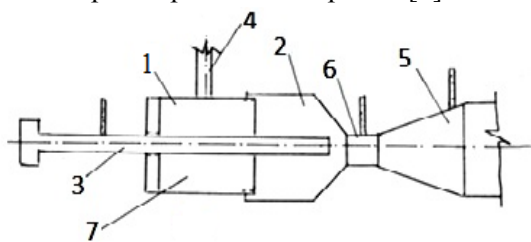
**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** На глубоких горизонтах рудных шахт состояние микроклимата ухудшается вследствие повышения температуры, относительной влажности и барометрического давления. Как свидетельствуют результаты исследований состояние микроклимата в горных выработках шахт Кривбасса, температура воздуха на горизонтах 1200-1300 м близка к 26 °С, а на глубине 940 м шахты «Эксплуатационная» ЗЖРК она составляет 29-30 °С [1]. С учетом Правил безопасности на подземных работах при температуре воздуха свыше 26 °С необходимо применять специальные меры по его охлаждению [2].

**Анализ исследований и публикаций.** Снизить температуру в горных выработках возможно за счет увеличения в них скорости воздуха, но при существующих вентиляторных установках главного проветривания (ГВУ) это мероприятие осуществить сложно, поскольку отсутствуют резервы по их производительности.

В угольных шахтах для охлаждения воздуха в лавах используют холодильные машины. Для рудных шахт применение холодильных машин является экономически нецелесообразным ввиду большой их стоимости. По этой причине в настоящее время из 57 шахт холодильные машины работают только на 2-х [3].

**Изложение материала и результаты исследований.** Известно, что при достаточном количестве и доступности воды наиболее дешевым и эффективным является форсуночное охлаждение воздуха [4]. По данным гидрогеологических сведений, при добыче железных руд подземным способом в Кривбассе ежегодно откачивается около 18 млн м<sup>3</sup> шахтных вод.

Удельная теплоемкость шахтной воды составляет 3,81-3,82 кДж/кгК, что позволяет использовать её для охлаждения рудничного воздуха [5]. При этом целесообразно применять форсуночное охлаждение при температуре воздуха 28-30°С, а при больших температурах - форсуночное воздушно-водоиспарительное охлаждение, используемое в промышленности для охлаждения рабочего оборудования [6]. В этих условиях шахтную воду используют как компонент водовоздушной смеси, образуемой при помощи охлаждающего эжектора, принципиальная схема которого приведена на рис. 1 [7].



**Рис. 1.** Принципиальная схема охлаждающего эжектора: 1 - цилиндрический корпус; 2 - конфузорный корпус; 3 - сопло; 4 - водоподводящий патрубок; 5 - диффузор-смеситель; 6 - цилиндрическая муфта; 7 - полость корпуса

Работа охлаждающего эжектора заключается в том, что сжатый воздух вызывает разрежение в конфузорном корпусе 2, распыление воды, и охлаждение ее посредством конвективного теплообмена с образованием водовоздушной смеси. При этом исходный массовый расход воды распределяется в смеси между водой и паром. Масса пара, который выделяется из воды за единицу времени при давлении  $P = 0,7$  МПа и температуре 21 °С определяется следующим образом. По таблицам водяного пара определяются давление насыщения при заданной температуре  $P_{п} = 2,33 \cdot 10^3$  Па. Далее, определяется влагосодержание по формуле

$$d = 0,622 P_{п} / P - P_{п}. \quad (1)$$

После подстановки находим  $d = 2,08 \cdot 10^{-3}$  кг/кг. Массовый расход пара связан с массовым расходом воздуха соотношением

$$m_{\text{п}} = d \cdot m_{\text{в}}, \quad (2)$$

где  $m_{\text{в}} = 0,83$  кг/с - массовый расход воздуха.

Тогда массовый расход пара будет  $m_{\text{п}} = 1,73 \cdot 10^{-3}$  кг/с. Исходя из этого масса воды будет

$$m_{\text{вд}} = m_{\text{вдн}} \square m_{\text{п}}, \quad (3)$$

где  $m_{\text{вдн}} = 0,3$  кг/с, т.е.  $m_{\text{вд}} = 0,3 - 1,73 \cdot 10^{-3} = 0,298$  кг/с.

После этого определяется энтальпия для насыщенного пара. Она складывается из двух частей: энтальпии нагрева воды от  $0^{\circ}\text{C}$  до заданной температуры и теплоты парообразования при заданной температуре

$$H_{\text{п}} = (c_{\text{рвд}}t + r) m_{\text{п}}, \quad (4)$$

где  $c_{\text{рвд}} = 4,19 \cdot 10^3$  - удельная теплоемкость воды,  $r$  - удельная теплота парообразования Дж/кг, которая уменьшается с ростом температуры по закону

$$r = r_0 - 2,3t, \quad (5)$$

где  $r_0$  - значение  $r$  при  $0^{\circ}\text{C}$  равно  $2,5 \cdot 10^6$  Дж/кг - удельная теплота парообразования.

Тогда,  $H_{\text{п}} = 7,22t + 4,31 \cdot 10^3$  Дж.

Суммарная энтальпия смеси на выходе из диффузора выражается как

$$H = H_{\text{в}} + H_{\text{вд}} + H_{\text{п}} \quad (6)$$

$$H = 8,3 \cdot 10^2 t_2 + 1,25 \cdot 10^3 + 4,31 \cdot 10^3 = 2,09 \cdot 10^3 t_2 + 4,31 \cdot 10^3 \text{ Дж.}$$

Суммируем энтальпию с кинетической энергией и приравниваем к уже найденной при входе воздуха до смешивания с водой

$$2,09 \cdot 10^3 t_2 + 4,31 \cdot 10^3 + 3,9 \cdot 10^2 = 4,44 \cdot 10^4.$$

Определяем температуру смеси, выходящей из диффузора эжектора:  $t_2 = 19^{\circ}\text{C}$ .

Воздушно-водоиспарительное охлаждение рудничной атмосферы происходит при истечении водовоздушной смеси в горную выработку следующим образом. Факел воздушной смеси, температура которого в 3-3,5 раза ниже температуры окружающей атмосферы, расширяется втягивая ближайшие слои воздуха при этом происходит его охлаждение за счет испарения капель воды и адиабатического расширения сжатого воздуха.

Испытания охлаждающего эжектора производили на промплощадке шахты им. Ленина ПАО «Криворожский железорудный комбинат» (КЖРК) при давлении сжатого воздуха до 8 МПа (рис. 2).



**Рис. 2.** Испытание охлаждающего эжектора на промплощадке шахты им. Ленина

В процессе экспериментальных испытаний определяли: скорость и температуру смеси, исходящей из диффузора, их значение на расстоянии  $x$ , диаметр факела  $d$  и его длину  $l$  при различных давлениях сжатого воздуха  $P$ .

В диффузоре эжектора наблюдается снижение температуры с  $20^{\circ}\text{C}$  до  $17^{\circ}\text{C}$ , а на расстоянии 4 - 6 м от него температура снижается до  $5^{\circ}\text{C}$ . Практически такая температура сохраняется на расстоянии 8 - 10 м от диффузора. Далее наблюдается повышение температуры, например на расстоянии 12 м она составляет  $8^{\circ}\text{C}$ , а на расстоянии 25 м температура находится в пределах температур окружающего воздуха. Однако, трудоемкость проведения таких экспериментальных работ, а также получение результатов в узком информационном диапазоне указывают на необходимость применения современных способов решения данной проблемы, в частности, путем математического моделирования.

На первом этапе моделирования выбирают структуру математической модели, которая описывает теплообменные процессы, происходящие при охлаждении рудничного воздуха с помощью используемого устройства. Согласно схеме устройства, водовоздушная смесь под напором подается из круглого диффузора в виде свободной осесимметричной струи в горную выработку, обеспечивая охлаждение. Вследствие турбулентности струя частично смешивается с окружающим ее воздухом, увлекая за собой прилегающие слои. Для нахождения структуры

функции, которая определяет изменение теплофизических свойств струи, целесообразно воспользоваться цилиндрическими координатами, поместив начало в центр круга выходного отверстия, горизонтальную ось  $Ox$  направить вдоль струи, а радиус  $r$  - перпендикулярно к ней. Анализ публикаций [8,9], показывает, что структура математической модели, которая описывает избыточную температуру воздуха в произвольной точке охлажденной компактной струи, может быть представлена в виде

$$\Delta T(r, x) = \Delta T_n \cdot a \cdot \left(\frac{r_0}{x}\right)^b \cdot e^{c \cdot \left(\frac{r}{x}\right)^2}, \quad (7)$$

где  $\Delta T(r, x) = T(r, x) - T_0$ ,  $\Delta T_n = T_n - T_0$ ,  $T(r, x)$  - абсолютная температура в точке струи с координатами  $(r, x)$ ,  $T_0$  - абсолютная температура окружающей среды,  $T_n$  - средняя абсолютная температура струи на выходе из устройства,  $r_0$  - радиус выходного отверстия устройства,  $a, b, c$  - числовые параметры. Для нахождения значений числовых параметров, входящих в формулу (7), необходимо воспользоваться результатом экспериментов, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения избыточной температуры в горной выработке						
$x, \text{ м}$	2	4	6	8	10	12
$r, \text{ м}$	2,5	3,5	4,0	3,0	2,5	2,0
$\Delta T, \text{ К}$	-13	-16	-16	-15	-13	-8
$\Delta T_p, \text{ К}$	-12,81	-17,16	-14,81	-15,76	-11,7	-8,6

В дальнейших расчетах было принято  $T_0=298\text{К}$ ,  $T_n=293\text{К}$ ,  $r_0 = 0,3\text{м}$ . Для удобства нахождения числовых параметров согласно данным, приведенным в табл. 1, целесообразно преобразовать формулу (7) путем логарифмирования

$$\eta = \alpha + b \cdot \xi_1 + c \cdot \xi_2 \quad (8)$$

где  $\eta = \ln\left(\frac{\Delta T}{\Delta T_n}\right)$ ,  $\alpha = \ln a$ ,  $\xi_1 = \ln\left(\frac{r_0}{x}\right)$ ,  $\xi_2 = \left(\frac{r}{x}\right)^2$ .

Для нахождения числовых параметров, которые входят линейно в формулу (8), был использован метод наименьших квадратов, реализованный функцией "ЛИНЕЙН", входящей в "Мастер функций" в составе "Microsoft Excel".

В результате проведенных расчетов были получены следующие значения  $\alpha = 8.365$ ,  $b = 2,104$ ,  $c = -2,197$ . При этом коэффициент множественной корреляции равнялся  $R = 0,955$ , что указывает на тесную корреляционную зависимость. С учетом полученных значений формула (7) примет вид

$$\Delta T(r, x) = 4294,1 \cdot \Delta T_n \cdot \left(\frac{r_0}{x}\right)^{2,104} \cdot e^{-2,197 \cdot \left(\frac{r}{x}\right)^2} \quad (2 \leq x \leq 12). \quad (9)$$

Расчет по формуле (9), приведенный в последней строке табл.1, показывает практическое совпадение данных экспериментов и результатов расчетов по формуле (9).

Формула (9) позволяет исследовать температурное поле струи. Прежде всего, можно записать уравнения изотерм, то есть линий равных температур струи

$$r = x \sqrt{0,455 \ln\left(4294,1 \frac{\Delta T_n}{\Delta T} \left(\frac{r_0}{x}\right)^{2,104}\right)}. \quad (10)$$

Если принять, что имеется некоторое значение избыточной температуры  $\Delta T_{\min}$ , которое целесообразно рассматривать в качестве минимальной, то тепловая дальность струи, то есть расстояние, на котором кончается осязаемая струя, определится формулой

$$x_{\max} = 53,29 \cdot r_0 \cdot \left(\frac{\Delta T_n}{\Delta T_{\min}}\right)^{0,475}. \quad (11)$$

Минимальная величина избыточной температуры определяет линию изотермы, соответствующую внешнему контуру струи. Эта изотерму можно определить как граничную путем подстановки  $\Delta T_{\min}$  в формулу (11). Критическое расстояние по оси струи, на котором струя будет иметь наибольшую толщину, определится для граничной изотермы условием [10]

$$\frac{dr}{dx} = 0 \quad (12)$$

Искомое критическое расстояние находится с учетом (10) согласно условию (12)

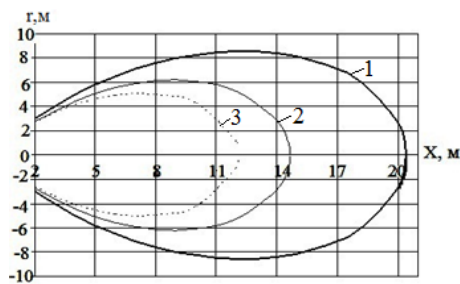
$$x_{кр} = 12,36 \cdot r_0 \cdot \left( \frac{\Delta T_n}{\Delta T_{\min}} \right)^{0,475} \quad (13)$$

При этом максимальная толщина струи находится путем подстановки (13) в формулу (10),

что даст

$$r_{\max} = 18,22 \cdot r_0 \cdot \left( \frac{\Delta T_n}{\Delta T_{\min}} \right)^{0,475} \quad (14)$$

На рис. 3 представлены изотермы струи, рассчитанные по формуле (10) для различных  $\Delta T$



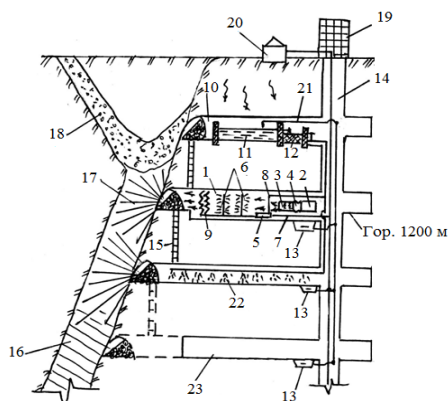
**Рис.3.** Изотермы охлаждающей струи (1 –  $\Delta T = 3\text{К}$ , 2 –  $\Delta T = 6\text{К}$ , 3 –  $\Delta T = 9\text{К}$ )

Анализ изотерм, представленных на рис.3, показывает, что по мере увеличения избыточной температуры охлаждающая дальность струи уменьшается. При минимальной избыточной температуре, равной  $\Delta T = 3\text{К}$ , охлаждающая дальность достигает  $x_{\max} = 20,4\text{м}$ , при этом  $x_{кр} = 12,36\text{м}$  и наибольшая ширина  $2 \cdot r_{\max} = 17,1\text{м}$ .

Проведенное математическое моделирование воздушно-водоиспарительного охлаждения рудничной атмосферы позволяет организовать вычислительный эксперимент, который даст возможность исследовать особенности протекания процесса.

Определение эффективности воздушно-водоиспарительного охлаждения рудничного воздуха выполнялось в условиях шахты им. Ленина [11]. Для этого использовалась камера форсуночного охлаждения (сквозная горизонтальная выработка) на горизонте 1200 м, в которую шахтный воздух поступал из главного квершлага, а после охлаждения подавался в зону горных работ. Сечение выработки составляло  $13,2\text{ м}^2$ , длина - 50 м, скорость воздуха в выработке поддерживалась в пределах 0,5 - 2 м/с, температура и относительная влажность воздуха, подаваемого в выработку соответственно были 26 - 32 °С, 55 - 78 %, степень орошения составляла 0,2 - 0,6.

На рис. 4 представлена схема размещения оборудования в камере форсуночного водоиспарительного охлаждения на гор. 1200 м.



**Рис.4.** Схема размещения оборудования форсуночного воздушно-водоиспарительного охлаждения рудничного воздуха с использованием шахтных вод: 1-камера форсуночного охлаждения; 2-вентилятор; 3-нагреватель; 4- гибкий рукав; 5- охлаждающий эжектор; 6 - форсунки; 7,8 - трубопроводы для сжатого воздуха и шахтной воды; 9 - конденсатор; 10 - отработанная выработка; 11-основной водоем; 12 - песчаный фильтр; 13 - вспомогательный водоем; 14 - главный воздухоподающий ствол; 15 - восстающий; 16 - рудная залежь; 17-скважины; 18 - обрушенные породы; 19 - надшахтное здание; 20 - компрессорная станция; 21 - трубопровод для перекачки шахтной воды; 22 - водовоздушные завесы; 23 - квершлаг проходки

Для охлаждения шахтная вода аккумулировалась в основном водоеме 11, образованном в отработанной выработке 10 на вышележащем горизонте. Кроме того, в основной водоем шахтные воды перекачивались из вспомогательных водоемов 13, расположенных на нижних горизонтах. В основном водоеме 11 шахтные воды отстаиваются, охлаждаются и после механической очистки в песочном фильтре 12 по теплоизолированному трубопроводу 8, проложенному по стволу 14, подаются в камеру форсуночного охлаждения 1.

Эффективность форсуночного водоиспарительного охлаждения определялась следующим образом. Шахтный воздух из главной откаточной выработки поступал в камеру охлаждения 1 при помощи вспомогательного вентилятора 2, который соединен с нагревателем 3 гибким рукавом 4, проходя через нагреватель 3 температура воздуха возрастала до 26 - 32 °С. Начальные и конечные параметры шахтного воздуха определялись в замерных станциях, расположенных перед форсунками и на выходе из камеры. Водовоздушную смесь получали в охлаждающем эжекторе 5, в который поступал сжатый воздух и шахтная вода по трубопроводам 7, 8 соответственно. Диффузор охлаждающего эжектора 5 соединен с гидравлической системой, оборудованной центробежными форсунками 6 двухстороннего действия. В форсуночной камере происходит соприкосновение воздуха с каплями воды и его охлаждение в результате конвективного теплообмена - первая ступень охлаждения. При этом длина камеры  $L_k$  и её эквивалентный диаметр  $d_k$  составляют  $L_k = 10 d_k$ , а  $d_k = 2\sqrt{Q_B / \pi V_k}$ , где:  $Q_B$  - количество воздуха, поступающего в камеру, м<sup>3</sup>/с;  $V_k$  - скорость свободного падения капель воды м/с. При таких параметрах камеры скорость воздуха и скорость свободного падения капель примерно равны, что приводит к зависанию капель в воздухе и увеличению времени пребывания их в свободном падении.

Вторая ступень охлаждения и осушения воздуха происходит в конденсаторе 9, изготовленном из пустотелых гофрированных элементов, в которые поступает водовоздушная смесь из охлаждающего эжектора 5. Шахтный воздух после форсуночного охлаждения омывает поверхности конденсатора и доохлаждается в результате контактного теплообмена. При этом на поверхностях гофрированных элементов происходит конденсация влаги и осаждение капель воды, которая по мере накопления стекает в водосточную канавку и далее в зумпф шахтного водоотлива. Охлажденный воздух из камеры 1 поступает в главную откаточную выработку из которой подается в зону горных работ. Эффективность форсуночного водоиспарительного охлаждения определяется величиной термического коэффициента  $\eta$  по формуле:

$$\eta_T = k V_k^{-0,5} \rho^{0,9} \Delta t_b m_b c_b / \Delta t_{вд} m_{вд} c_{вд} \quad (16)$$

где  $k = 0,9 \div 0,96$  - коэффициент, характеризующий конструкцию камеры орошения, величина которого зависит от количества рядов форсунок, диаметра их сопел;  $V_k$  - скорость воздуха в камере, м/с;  $\rho$  - степень орошения, кг/кг;  $\Delta t_b$  - разность температур воздуха на входе в камеру и на выходе из неё, °С;  $\Delta t_{вд}$  - разность температур воды, поступающей на форсунки и после орошения, °С;  $m_b$  - масса воздуха, поступающего в камеру, кг/с;  $m_{вд}$  - масса воды, поступающей на форсунки, кг/с;  $c_b$  и  $c_{вд}$  - теплоемкости воздуха и воды соответственно, кДж/кг·К. Расчеты термического коэффициента  $\eta_T$  по формуле (16) показали, что в среднем  $\eta_T = 0,45 - 0,52$ . В расчетах принимались значения:  $V_k = 1,0 \div 2,0$  м/с,  $\rho = 0,5 - 1,2$  кг/кг,  $\Delta t_{вд} = 8 - 10$  °С

Результаты промышленных испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2

Тип камеры	Скорость воздуха, м/с	Температура воздуха		Влажность воздуха, ф %		Степень орошения воздуха, $\rho$ кг/кг
		до охлаждения, $T_{вн}$ °С	после охлаждения, $T_{вк}$ °С	до охлаждения	после охлаждения	
Водофорсуночное охлаждение						
Однорядная камера 9 форсунок	0,9 - 2,0	26 - 32	22 - 24	55 - 78	75 - 80	0,2 - 0,5
Двухрядная камера 18 форсунок	0,9 - 2,0	26 - 32	20 - 22	55 - 78	75 - 80	0,3 - 0,6
Водовоздушное форсуночное охлаждение						
Однорядная камера 9 форсунок	0,9 - 2,0	26 - 32	19 - 20	55 - 78	75 - 80	0,2 - 0,5
Двухрядная камера 18 форсунок	0,9 - 2,0	26 - 32	17 - 19	55 - 78	75 - 80	0,3 - 0,6

Как видно из табл. 2, в результате форсуночного водоиспарительного охлаждения температура воздуха в среднем снижается на 9-10 °С.

Для управления процессом форсуночного охлаждения разработана программа, суть которой сводится к расчетам конечной температуры с применением констант: удельная массовая теплоемкость воздуха  $c_b = 1$  кДж/кг·К; удельная массовая теплоемкость воды  $c_{вд} = 4,18$  кДж/кг·К;

коэффициент теплопроводности капли воды  $\lambda_{\text{вд}}=0,6$  Вт/мК; коэффициент передачи тепла в единицу времени  $\alpha = A/c_{\text{вд}}m_{\text{вд}}$  где параметр  $A=Nu_2\lambda/2R$ .

Значения переменных принимаются в таких пределах: число Рейнольдса  $1 < Re < 10^4$ ; число Прандтля  $0,6 < Pr < 400$ ; радиус капли  $R=0,1-3$  мм; массовый расход воздуха  $m_{\text{в}} = 0,4 - 0,8$  кг/с; массовый расход воды  $m_{\text{вд}} = 0,1-0,2$  кг/с; температура воздуха на входе  $T_{\text{в}} = 25-35^{\circ}\text{C}$ ; температура воды, поступающей в форсунки  $T_{\text{вд}} = 5-30^{\circ}\text{C}$ . После ввода всех параметров программа автоматически определяет температуру воздуха в зависимости от его массового расхода. Программа показывает, что регулируя параметрами водовоздушной смеси, возможно, поддерживать температуру воздуха в камере на уровне  $22^{\circ}\text{C}$ .

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Результаты исследований условий труда в горных выработках рудных шахт Кривбасса и ЗЖРК показывают, что температура воздуха на глубоких горизонтах близка к предельно допустимой или превышает её величину. Разработан способ охлаждения рудничного воздуха, подаваемого в зону горных работ с применением шахтных вод, аккумулируемых на верхнем отработанном горизонте. Применение форсуночного воздушно-водоиспарительного охлаждения позволяет снизить температуру рудничного воздуха на  $9 - 10^{\circ}\text{C}$ . Разработана программа управления процессом охлаждения рудничного воздуха, которая позволяет регулировать его параметры в пределах санитарных норм. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку технических параметров регулирования температуры воздуха в зоне ведения горных работ.

#### Список литературы

1. Лапшин О. С., Поліпшення умов праці в глибоких залізорудних шахтах/ Лапшин О. С., Ошмянський І. Б., Лапшин О. О. // Вісник НТУУ «КПІ». – 2008. – Вип.17. – С. 144 – 150. – (Серія «Гірництво»).
2. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. – М.: Госгортехнадзор СССР, 1971.
3. Пивняк Г. Г. Пути решения проблемы нормализации тепловых условий в горных выработках глубоких шахт Донбасса / Г. Г. Пивняк, В. А. Бойко // Горный журнал/ М: 2012. № 8. С. 15 – 18.
4. Щербань А. Н. Руководство по регулированию теплового режима шахт/ Щербань А. Н., Кремнев О. А., Журавленко В. А. – М.: Недра, 1977. – С. 107 – 108.
5. Кремнев О. А. Воздушно-водоиспарительное охлаждение оборудования/ О. А. Кремнев, А. Л. Сатановский.– М.: Машиностроение, 1967. – 240 с.
6. Пат. 69592 Україна, Е 21F 15/00. Спосіб утилізації шахтних вод./ Бюлетень № 9. 2012.
7. Пат. 71139 Україна, В 01F 5/00. Охолодний ежектор Лапшина./ Бюлетень № 13. 2012
8. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй./ Абрамович Г.Н. – М.: Физматгиз, 1960.– 652с.
9. Повх И. Л. Техническая гидромеханика/ Повх И. Л. – Ленинград: Машиностроение, 1969.– 524с.
10. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении / Шепелев И.А. - М.: Стройиздат, 1978.- 145с.
11. Лапшин О. О. Ефективність кондиціонування рудничного повітря за допомогою установки «Оазис»/Лапшин О.О./ Вісник НТУУ «КПІ»: Зб. наук. праць. – 2011. – Вип. 21. С. 189 – 193. (Серія «Гірництво»).

Рукопись поступила в редакцию 21.03.13

УДК 621.928.9

В.А. ШАПОВАЛОВ, канд. техн. наук, доц.,  
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

#### ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОАГУЛЯЦІЇ ПИЛУ

Запропоновано пристрій для коагуляції пилу який може бути використаний для очищення повітря в аспіраційних системах підприємств гірничо-металургійного комплексу та інших промислових галузях.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Збільшення обсягів виробництва промислової продукції обумовлює зростання споживання природних і енергетичних ресурсів. Результатом такої діяльності є збільшення концентрації забруднювачів в повітрі виробничих приміщень і атмосфері навколишнього природного середовища. Виробнича діяльність підприємств теплоенергетичної, гірничо-металургійної, машинобудівної та інших галузей, які є провідними для більшості промислових центрів країни, пов'язана з викидами у повітря аерозольних часток у вигляді пилу, диму, туману, а також шкідливих і небезпечних газів та пари. В результаті масового утворення промислових викидів, забруднюється не тільки повітря, але й інші