

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ МЕСТНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ТУПИКОВЫХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ

У роботі наведені основні причини нагрівання шахтної атмосфери. Запропоновано метод її нормалізації із застосуванням газодинамічних пристроїв, робота яких заснована на перетворенні внутрішньої енергії газу в енергію витікаючої течії. Приведено рівняння теплового балансу при змішуванні потоку стисненого газу та вентиляційного струменя. Знайдена залежність для визначення витрати стисненого газу для зниження температури тупикових виробок.

ON INCREASING THE EFFECTIVENESS OF THE DEADLOCK OF THE LOCAL CLIMATE DEVELOPMENT WORKINGS IN DEEP MINES

The paper presents the main reasons for heating mine atmosphere. We propose a method to normalize the use of gas-dynamic devices, which are based on the transformation of the internal energy of the gas flowing into the energy of the jet. The equations of heat balance by mixing the compressed gas and air flow. The dependence for determining the flow of compressed gas to reduce the temperature of dead-end developments.

По данным ЮНЭСКО запасов угля в недрах Земли хватит для обеспечения нужд ее населения на 200 лет. Запасы угля в Донецком бассейне превышают 100 млрд тонн [1]. При уровне добычи угля 160-170 млн. тонн в год, необходимом для обеспечения потребностей страны с учетом его переработки для получения синтетического топлива и газа, угля хватило бы для удовлетворения нужд промышленности, энергетики и теплоснабжения страны в течение периода более 500 лет [1,2].

Возрастающая с глубиной ведения горных работ температура горных пород и большие величины тепловыделений за счет работающих машин и механизмов и окислительных процессов вынуждают для обеспечения нормируемой санитарными нормами температуры воздуха в горных выработках не более 26 °С [3] применять искусственное охлаждение воздуха, начиная с глубин ведения горных работ более 750-800 м [4].

Поисковые работы в направлении совершенствования методов проветривания и кондиционирования шахтной атмосферы показывают, что обеспечить нормальные тепловые условия в горных выработках шахт на предельных разведанных глубинах залегания запасов угля только за счет применения традиционных систем вентиляции и кондиционирования воздуха даже при огромных затратах, возрастающей в цене электроэнергии очень трудно. А в случаях глубин свыше 1500м, экономически нецелесообразно. Основная причина этого, большие потери энергии холода при его транспортировке, достигающие 60-70% [5-8]. Выход из создавшейся ситуации следует искать в получении холодного воздуха в местах близких к зонам непосредственного проведения работ.

Эту задачу решают способы кондиционирования рудничного воздуха, основанные на использовании охлаждающего эффекта от расширения сжатого воздуха, приведенные ниже.

Кондиционирование рудничного воздуха смешением его со струей сжатого воздуха, расширяющегося без отдачи внешней работы (рис.1) [9].

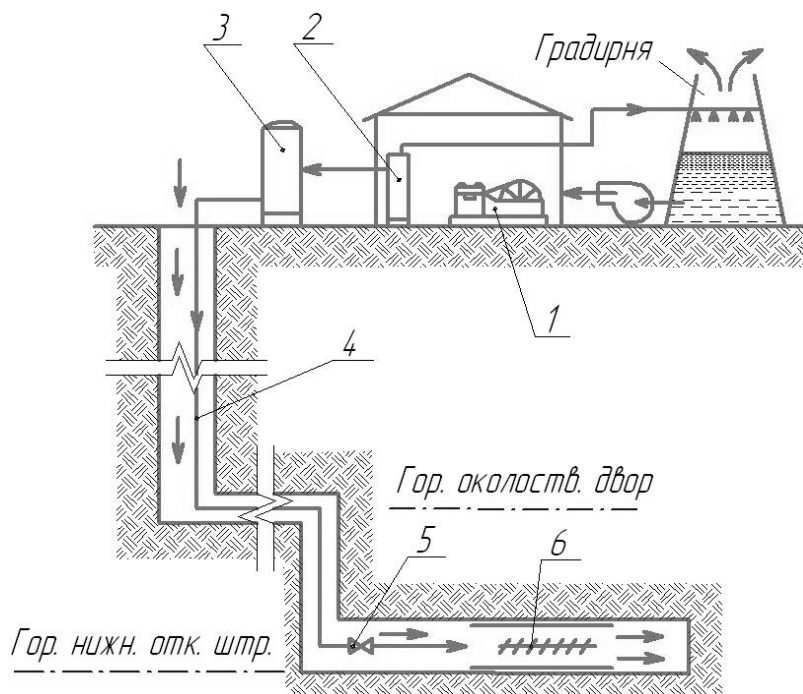


Рис.1 - Кондиционирование рудничного воздуха смешением его со струей сжатого воздуха, расширяющегося без отдачи внешней работы

Установка работает по простому циклу воздушной холодильной машины. Атмосферный воздух засасывается компрессором 1 и сжимается до определенного давления. Сжатый воздух, охлаждаясь в водяном воздухоохладителе 2 до температуры 25-30°C, поступает в ресивер 3, а из него по трубопроводу 4 в шахту.

В шахте главный трубопровод сжатого воздуха разветвляется и подводится к участкам. На небольшом расстоянии от лавы сжатый воздух расширяется, вследствие чего температура его уменьшается, и смешивается с поступающим по выработкам теплым воздухом.

Устройство для расширения и смешения воздуха представляет собой вентиль 5 в совокупности с эжектором 6.

При смешении теплой вентиляционной струи с холодным воздухом относительная влажность смеси воздуха повышается. Для снижения относительной влажности пункт смешения сжатого воздуха с вентиляционной струей должен быть на таком расстоянии от лавы, за время прохождения которого относительная влажность понизится до 0,75–0,80.

Следует отметить, что этот способ нормализации воздуха довольно дорог из-за больших капитальных затрат на содержание градирни и всего, что с ней

связанно.

Охлаждение рудничного воздуха смешением его с испаряющимся жидким воздухом (рис.2) [10].

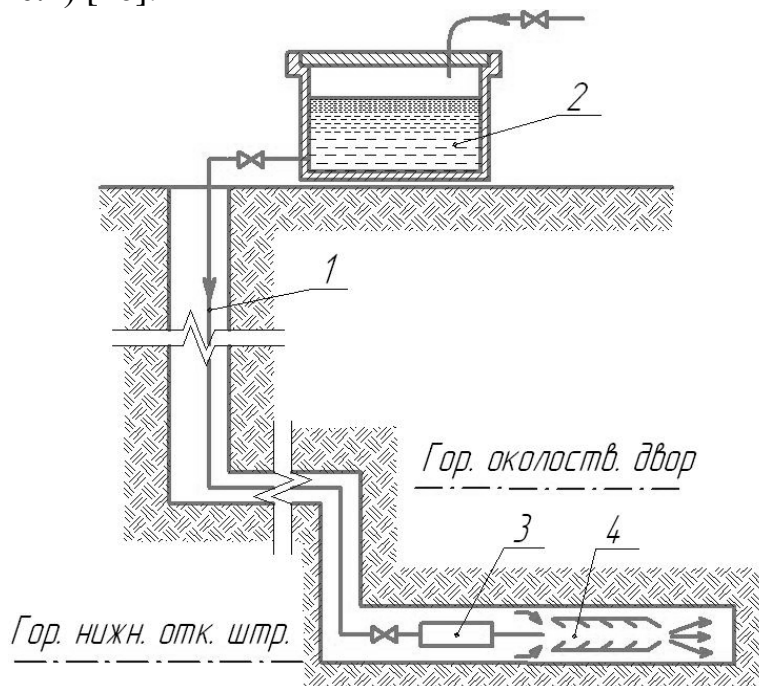


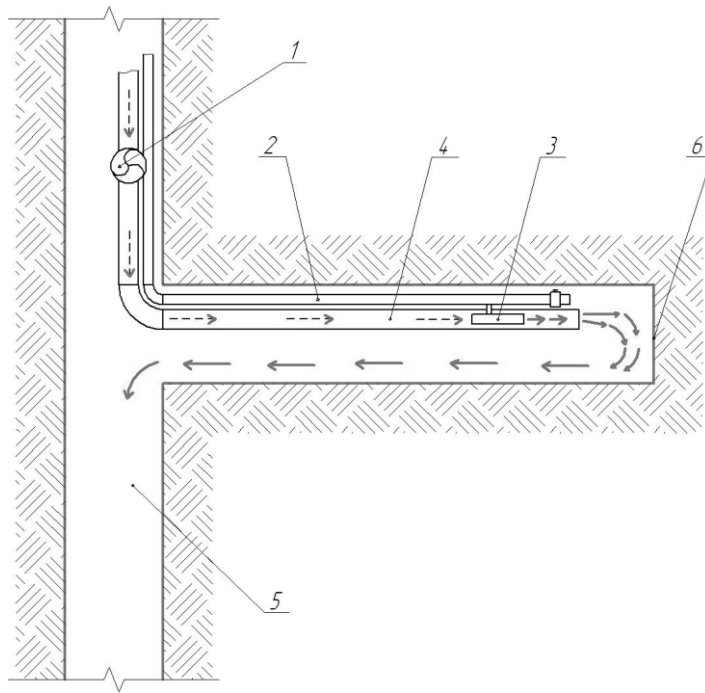
Рис.2 - Охлаждение рудничного воздуха смешением его с испаряющимся жидким воздухом

Жидкий воздух подается с земной поверхности по теплоизолированному трубопроводу 1 из расходного бака 2 к испарителю 3, установленному в камере вблизи очистного забоя. В испарителе жидкий воздух кипит и испаряется за счет тепла воздуха вентиляционной струи, проникающего через стенки аппарата. Холодные пары воздуха, выходя из испарителя, смешиваются в смесителе 4 с вентиляционной струей.

Однако этот способ так же как выше упомянутый не получил большого распространения по причине трудностей при работе с сжиженным кислородом.

Наиболее эффективным способом, при котором решается задача снижения температуры воздуха шахтной атмосферы является **кондиционирование рудничного воздуха с использованием эжекторов и вихревых труб** (рис 3) [11-13].

При такой схеме проветривания в поток воздуха, поступающего в забой по вентиляционному ставу, подается сжатый воздух, который расширяясь адиабатически в канале разгонного устройства ускоряется, при этом, резко снижается его температура [14]. Смешиваясь с основным потоком воздуха, который подается в забой, он охлаждает его и далее воздух с параметрами, удовлетворяющими ПБ подается в выработку.



1- вентилятор местного проветривания; 2 - трубопровод сжатого воздуха; 3- кондиционирующий блок, 4- вентиляционный трубопровод; 5 - сквозная выработка, 6-забой тупиковой выработки

Рис.3-Схема местного охлаждения вентиляционной струи сжатым воздухом

Этот процесс удобно рассматривать на примере уравнения теплового баланса [15].

Уравнение теплового баланса такого процесса можно представить в виде:

$$Q_{1\dot{a}} C \rho_{1\dot{a}} T_{1\dot{a}} + Q_{1\dot{n}\dot{a}} C \rho_{1\dot{n}\dot{a}} T_{1\dot{n}\dot{a}} = Q_{\dot{n}\dot{i}} C \rho_{\dot{n}\dot{i}} T_{\dot{n}\dot{i}} \quad (1)$$

где C -теплоемкость воздуха; $Q_{1\dot{a}}$ -расход; $\rho_{1\dot{a}}$ - плотность и $T_{1\dot{a}}$ - температура воздуха подаваемого по вентиляционному ставу; $Q_{1\dot{n}\dot{a}}$, $\rho_{1\dot{n}\dot{a}}$, $T_{1\dot{n}\dot{a}}$ - расход, плотность, температура сжатого воздуха соответственно; $Q_{\dot{n}\dot{i}}$, $\rho_{\dot{n}\dot{i}}$, $T_{\dot{n}\dot{i}}$ - плотность и температура нормализованного воздуха, а $Q_{\dot{n}\dot{i}}$ не что иное, как:

$$Q_{\dot{n}\dot{i}} = Q_{1\dot{a}} + Q_{1\dot{n}\dot{a}} \quad (2)$$

Следует отметить, что решение уравнения (1) в данном случае сводится к нахождению $Q_{1\dot{n}\dot{a}}$, относительно известных \dot{N} , $Q_{1\dot{a}}$, $\rho_{1\dot{a}}$, $T_{1\dot{a}}$, $\rho_{1\dot{n}\dot{a}}$, $T_{1\dot{n}\dot{a}}$.

После простых математических преобразований уравнения (1) с учетом (2) получаем:

$$Q_{1\dot{n}\dot{a}} = \frac{Q_{1\dot{a}} (\rho_{1\dot{n}\dot{i}} \dot{O}_{1\dot{n}\dot{i}} - \rho_{1\dot{a}} \dot{O}_{1\dot{a}})}{\rho_{1\dot{n}\dot{a}} \dot{O}_{1\dot{n}\dot{a}} - \rho_{1\dot{n}\dot{i}} \dot{O}_{1\dot{n}\dot{i}}} \quad (3)$$

Зная объёмный расход сжатого воздуха можно определить его массовое значение

Данный массовый расход, при критической скорости истечения $q(\lambda)=1$, обеспечивается через отверстие, площадь которого можно определить из соотношения [15]

$$\dot{m} = 0.0404 \frac{p_{1\bar{n}\bar{a}} f_{\bar{e}\bar{d}}}{\sqrt{\bar{O}_{1\bar{n}\bar{a}}}}. \quad (4)$$

Критическая площадь отверстия $f_{кр}$ (в м^2) из выражения (4) равна

$$f_{\bar{e}\bar{d}} = \frac{\dot{m} \sqrt{\bar{O}_{1\bar{n}\bar{a}}}}{0,0404 p_{1\bar{n}\bar{a}}}. \quad (5)$$

Диаметр критического отверстия

$$d_{\bar{e}\bar{d}} = \sqrt{\frac{4 f_{\bar{e}\bar{d}}}{\pi}}.$$

Так для вентиляционной струи с температурой $T_{1\bar{a}} = 30^\circ\text{C}$ (303 К), которую необходимо охладить до $T_{\bar{n}\bar{e}} = 25^\circ\text{C}$ (298 К), достаточно отверстия диаметром $d_{кр} = 19,8 \text{ мм}$ [13].

Однако, следует добавить, что приведенные расчетные данные являются довольно приблизительным и не учитывает всех особенностей процесса. Например, влажности воздуха, притока тепла к ставу от выработки и т.д. Но всё это возможно компенсировать увеличением скорости истечения сжатого газа. Это позволит, при меньших расходах газа добиться того же результата, по снижению температуры вентиляционной струи, что и при меньших скоростях его истечения, за счет получения более низкой температуры потока истекающего сжатого воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Угольная промышленность Украины в 1995 году // Уголь Украины, - 1996. - №4. – С. 42-44
2. Чаплыгин И.Н. Проблемы экологизации освоения недр и новые подходы к ее образованию / И.Н. Чаплыгин // Горный журнал, - 1996. -№4.-С. 45-47
3. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и рассыпных месторождений. – НПАОТ 0.00-0.34-71. – 71 с.
4. Фосс Й. Затраты на охлаждение шахтного воздуха в каменноугольной промышленности ФРГ / Й Фосс // Глюкауф, - 1987. - №24. С. 12-15
5. Цейтлин Ю.А. Проектирование и эксплуатация шахтных систем кондиционирования воздуха / Ю.А. Цейтлин, Т.Г. Абрамова, В.И. Могилевский [и др.] // – М.: Недра, 1983. – 261 с.
6. Бойко В.А. К вопросу о выборе способа и средств нормализации тепловых условий в подготовительных горных выработках глубоких шахт Донбасса в период их проходки. / В.А. Бойко, А.В. Бойко // Науковий вісник НГУ.- Днепропетровск, 2009 – №4 – С. 193–205.
7. Мартынов А.А. Регулирование температурных условий в выработках глубоких горизонтов антрацит-

- вых шахт Донбасса / А.А. Мартынов, Л.Ф. Миронов, Е.П. Горовой // Уголь Украины, - 1996. – №2. – С.23-26.
8. Зайцев С.И. Исследование тепловых условий и средств нормализации микроклимата в шахтах Запорожского железорудного комбината / С.И. Зайцев, В.И. Сахновский, А.А. Бойченко, В.М. Куроченко // Охрана труда и техника безопасности в горнорудной промышленности (ВНИИБТГ). – М.: Недра. –1978. – Вып. 3. – С. 32–45.
9. Сахновский В.И. Исследование способов снижения температуры рудничного воздуха в переходной период / В.И. Сахновский, П.В. Дмитрийчук, В.М. Куроченко, А.Р. Микитенко // Снижение уровня вредных производственных факторов на горнорудных предприятиях (ВНШБТГ). – М., 1986. – С. 23–27.
10. Сахновский В.Л. Нормализация теплового режима в глубоких железорудных шахтах // Защита рабочих горнорудной промышленности от производственных опасностей и вредностей (ВНШБТГ). – М.: Недра. – 1983. – С. 39–48.
11. Перепелица В.Г. О возможности повышения эффективности вихревых шахтных кондиционеров /В.Г. Перепелица С.В. Тынына, В.В. Власенко [и др]. // Геотехническая механика,- 2009–№82–С 113-119
12. Перепелица В.Г. О возможности применения тепловых насосов для нормализации параметров шахтной атмосферы в процессе разработки месторождений на больших глубинах /В.Г. Перепелица С.В. Тынына, Э.С. Клюев // Геотехническая механика,- 2009–№81–С 211-219
13. Лапшин А. А. Снижение температуры воздуха в тупиковых выработках шахт путем охлаждения вентиляционной струи в забоях / А. А. Лапшин // Уголь Украины, - 2010.–№2– С. 130–135.
14. Яворский Б. М., Справочник по физике/ Б.М. Яворский, А. А. Детлаф//– М.: Наука, 1968. – 940 с.
15. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский // М.: Наука, 1973. – С. 122–128.