

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ТРУДА

УДК 622.822

Н.Л. Галсанов, В.А. Портола

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИНЕРТНЫХ СОСТАВОВ В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ШАХТ

Большая часть эндогенных пожаров на угольных шахтах Кузбасса возникает в выработанном пространстве, что осложняет своевременное обнаружение и определение местонахождения очагов. Поэтому для подавления таких очагов самовозгорания угля приходится заполнять хладагентом большие объемы разрыхленных масс угля и горных пород. Вода, глинистая пульпа и другие жидкие составы стекают по почве отработанного пласта, что существенно осложняет охлаждение очагов, располагающихся на некотором расстоянии от почвы.

Наиболее эффективны для тушения подземных пожаров хладагенты, имеющие небольшую плотность и поэтому способные объемно распространяться в выработанном пространстве. К таким хладагентам относятся пена, инертный газ. Однако применение пены затруднено из-за непрерывного ее распада, что ограничивает дальность подачи такого хладагента. Инертный газ, в качестве которого обычно используют азот, хорошо распространяется в выработанном пространстве, однако обладает незначительной плотностью и удельной теплоемкостью, что существенно снижает эффективность охлаждения очага пожара.

Использование инертного состава, получаемого при совместном распылении жидкого азота и воды, значительно интенсифицирует процесс охлаждения очага пожара при сохранении объемного распространения хладагента в выработанном пространстве [1,2]. Теплосъем с разогретого угольного скопления резко возрастает за счет низкой температуры состава (возможно получение температуры -196° С) и содержания в нем частиц льда, на нагревание, таяние и испарение которых требуется большое количество тепла.

Поступление инертного состава в очаг самовозгорания угля в выработанном пространстве шах может быть обеспечено скважинами, пробуренными с земной поверхности или из близлежащих горных выработок. В случае изоляции пожарного участка от действующих горных выработок с помощью перемычек, вокруг трубопровода, предназначенного для подачи состава и проложенного в разрыхленном угле, будет поддерживаться одинаковое давление газа. Поэтому подаваемый инертный состав будет равномерно распространяться в выработанном пространстве шах-

ты вокруг точки подачи. По мере удаления от точки подачи скорость инертного состава будет уменьшаться. В случае равновероятного распространения по всем направлениям от точки подачи скорость инертного состава можно описать уравнением

$$v = \frac{Q}{S}, \quad (1)$$

где Q – расход подаваемого в скважину инертного состава, $\text{м}^3/\text{с}$; S – поверхность сферы, м^2 .

Поверхность сферы в зависимости от ее радиуса описывается уравнением

$$S_C = 4\pi R^2, \quad (2)$$

где R – расстояние от точки подачи инертного состава до поверхности сферы, м.

Учитывая, что инертный состав распространяется только по пустотам выработанного пространства, необходимо ввести в (1) коэффициент пористости скопления. В этом случае скорость инертного состава в выработанном пространстве

$$v = \frac{Q}{4\pi R^2 \Pi}, \quad (3)$$

где Π – пористость скопления угля и пород в выработанном пространстве. Зависимость скорости инертного состава в выработанном пространстве шахты от расстояния до точки подачи при пористости скопления 0,4 и расходе инертного состава 1 $\text{м}^3/\text{с}$ приведена на рис. 1.

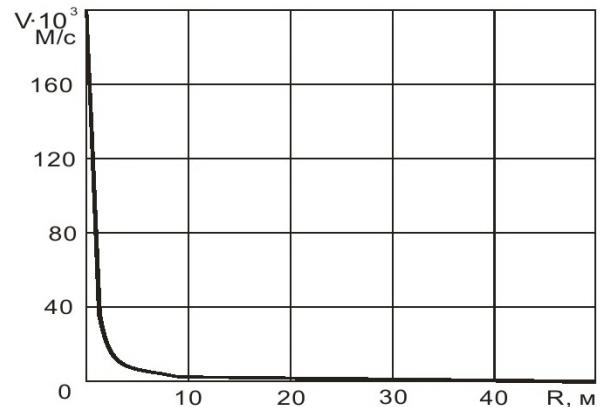


Рис. 1 Изменение скорости инертного состава в зависимости от расстояния от точки подачи

Продолжительность движения инертного состава в случае распространения из точки подачи по сфере можно определить из уравнения

$$\tau = \int_0^R \frac{dR}{v}. \quad (4)$$

Подставляя (3) в (4) и решая уравнение, получаем

$$\tau = \frac{4\pi R^3 \Pi}{3Q}. \quad (5)$$

Продолжительность движения инертного состава в выработанном пространстве шахты в зависимости от расстояния до точки подачи, представлено на рис. 2. Пористость скопления горных пород и угля составляет 0,4.

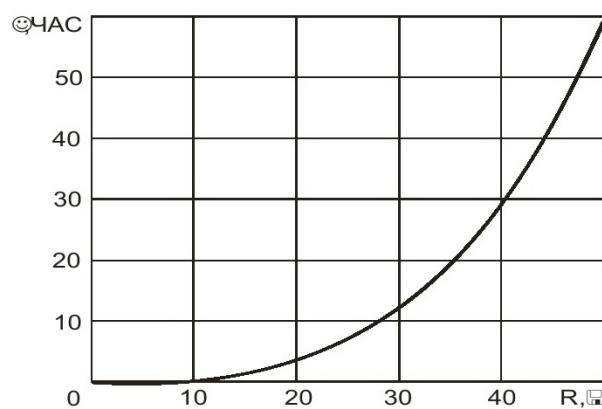


Рис. 2. Продолжительность движения инертного состава в выработанном пространстве в зависимости от расстояния до точки подачи

В реальных шахтных условиях трубопровод для подачи инертного состава может находиться на почве отработанного пласта. Ненарушенная горная порода не имеет пустот для движения инертного состава. В этом случае инертный состав будет распространяться от точки подачи в полу-сфере (рис. 3), а формулы для расчета скорости движения инертного состава и время достижения расстояния R принимают следующий вид

$$v_{\Pi} = \frac{Q}{2\pi R^2 \Pi}. \quad (6)$$

$$\tau_{\Pi} = \frac{2\pi R^3 \Pi}{3Q}. \quad (7)$$

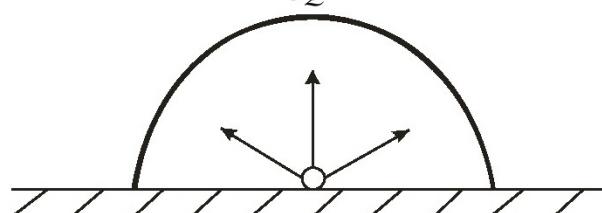


Рис. 3. Движение инертного состава в полу-сфере в случае его подачи на почву отработанного пласта

Одним из вариантов распространения инертного состава в скоплении угля и пород является четверть сферы. Такой вариант реализуется в случае расположения подающего трубопровода на почве пласта у целика, оконтуривающего выработанное пространство (рис. 4). В этом случае для расчета скорости движения инертного состава и продолжительность движения необходимо использовать уравнения

$$v_q = \frac{Q}{\pi R^2 \Pi}. \quad (8)$$

$$\tau_q = \frac{\pi R^3 \Pi}{3Q}. \quad (9)$$

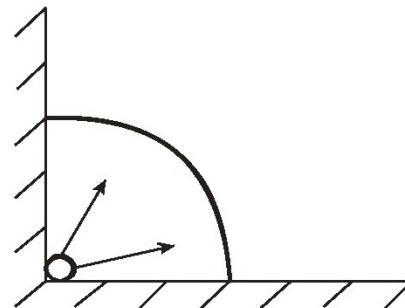


Рис. 4. Подача инертного состава из точки, расположаемой на почве отработанного пласта у сохраненного целика

Изменение скорости движения инертного состава в зависимости от расстояния до точки подачи в выработанном пространстве различной конфигурации, приведено на рис. 5. Длительность движения инертного состава в выработанном пространстве на различные расстояния от точки подачи приведена на рис. 6. Пористость выработанного пространства равна 0,4.

Возможно также движение инертного состава в объемах и другой конфигурации, например, в части сферы, ограниченной плоскостями, не пропускающими инертный состав.

Рассмотренные варианты движения инертного состава в выработанном пространстве реализуются в случае отсутствия потоков фильтрующегося воздуха в скоплении угля и пород. В реальных случаях в выработанном пространстве могут быть сформированы потоки газа, возникающие из-за разности давлений газа в горных выработках, подачи воздуха, газа. Нагнетание инертного состава в перемещающиеся в выработанном пространстве утечки воздуха приведет к возмущению этого движения. В результате возникнут потоки подаваемого азота с частицами льда, в том числе на встречу фильтрующемуся газу и перпендикулярно вектору его движения (рис. 7).

Размер области возмущения будет определяться интенсивностью подачи инертного состава. Движение инертной смеси навстречу потоку воздуха будет происходить с постепенным снижением скорости подаваемого азота и прекратится в

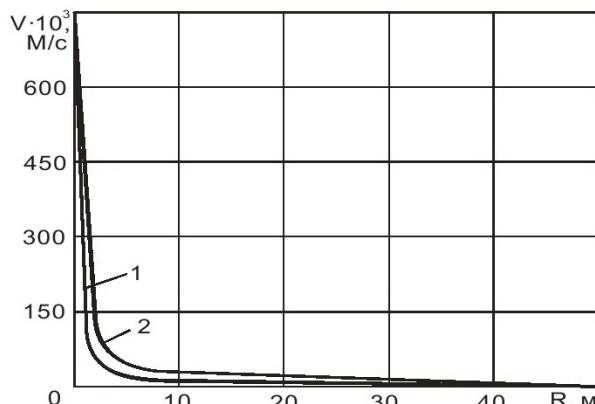


Рис. 5. Скорость движения инертного состава в зависимости от расстояния от точки подачи в выработанном пространстве различной конфигурации: 1 – в виде полусферы; 2 – в виде четверти сферы

зоне уравнивания скоростей подаваемой смеси и движущегося воздуха. В зоне соприкосновения встречные потоки воздуха и инертного газа гасят свою скорость.

Приравнивая уравнение (3) к скорости движущегося в выработанном пространстве потока воздуха можно описать радиус распространения инертного состава в скоплении разрыхленного скопления угля и пород навстречу и перпендикулярно вектору движения потока воздуха выражением

$$R = \frac{D}{2} = \sqrt{\frac{Q}{4\pi v_B \Pi}}, \quad (10)$$

где R – радиус распространения подаваемого инертного состава навстречу и перпендикулярно потоку движущегося воздуха, м; D – диаметр потока подаваемого инертного состава в месте его выхода в выработанное пространство, м; v_B – скорость движения потока воздуха в выработанном пространстве, м/с.

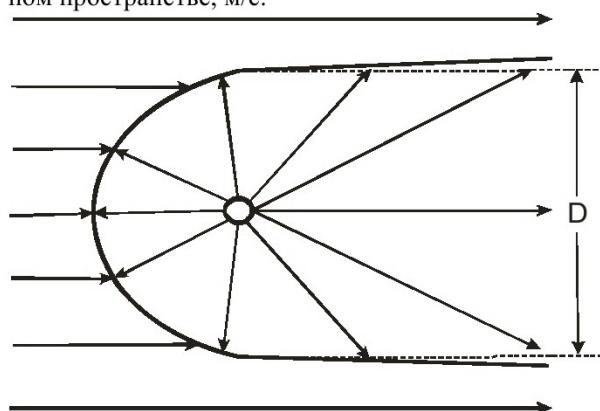


Рис. 7. Схема движения инертного состава при выходе в выработанное пространство с фильтрующимся потоком газа

По мере движения по выработанному про-

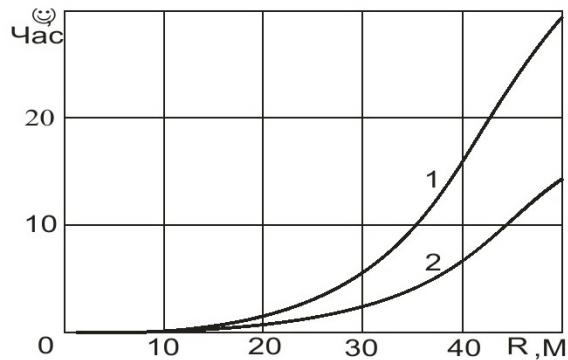


Рис. 6. Длительность движения инертного состава в зависимости от расстояния от точки подачи в выработанном пространстве различной конфигурации:
1 – в виде полусферы; 2 – в виде четверти сферы

странству диаметр потока инертного состава будет увеличиваться за счет молекулярной диффузии подаваемого инертного газа. На рис. 8 приведена зависимость диаметра потока инертного состава в выработанном пространстве, подаваемого через скважину, в зависимости от скорости движения потока воздуха.

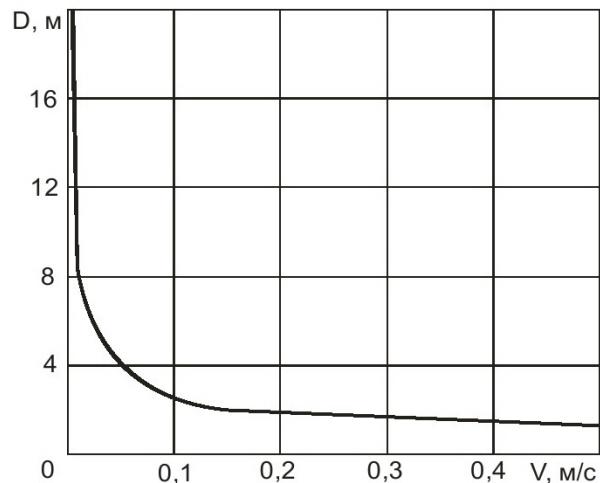


Рис. 8. Диаметр потока инертного состава в зависимости от скорости потока воздуха в выработанном пространстве

Таким образом, проведенное исследование подачи инертных составов, получаемых при совместном распылении жидкого азота и воды, в разрыхленную массу угля и пород через скважину, пробуренную в выработанное пространство, позволяет сделать следующие выводы.

1. При отсутствии потоков воздуха в выработанном пространстве, что обычно реализуется после изоляции участка, поток инертного состава может распространяться по объему, форма которого зависит от расположения зон, непроницаемых для инертного состава. Так, в зависимости от места выхода состава в выработанном простран-

стве инертный газ с частицами льда может распространяться по сфере, полусфере и объемах другой формы.

2. Скорость движения инертного состава в выработанном пространстве зависит от пористости скопления, расхода подаваемого состава и расстояния от точки его подачи. В изолированном пространстве скорость инертного состава быстро снижается по мере удаления от точки его подачи. Поэтому на определенном расстоянии от места ввода состава частицы льда начнут оседать в пустотах, трещинах. В случае, если в составе присутствовали частицы льда различных размеров, их оседание может растянуться на значительное расстояние.

3. Продолжительность движения инертного состава в изолированном выработанном пространстве от точки подачи до предполагаемого очага

пожара существенно возрастает с увеличением расстояния между ними и может достигать десятков часов. Поэтому для повышения эффективности тушения пожаров необходимо максимально приближать точку подачи инертного состава к очагу.

4. Подача инертного состава в выработанное пространство с утечками воздуха приводит к возникновению потока хладагента, перемещающегося по направлению движения воздуха. Диаметр этого потока определяется производительностью подачи инертного состава, скоростью движения утечек воздуха и пористостью скопления пород и угля. Для попадания хладагента в очаг пожара точка подачи инертного состава должна располагаться со стороны поступления утечек воздуха в очаг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Портола В.А. Повышение эффективности применения азота для подавления самовозгорания угля / В.А. Портола, Н.Л. Галсанов // Вестник КузГТУ. – 2011. – № 5. – С. 59-63.
2. Портола В.А. Эффективность использования инертных составов для тушения пожаров в выработанном пространстве шахт / В.А. Портола, Н.Л. Галсанов // Безопасность труда в промышленности. – 2012. – № 6. – С. 34-37.

□ Авторы статьи:

Галсанов
Нима Лайдапович
соискатель каф. аэрологии, охра-
ны труда и природы КузГТУ,
(шахта № 7 ОАО«СУЭК-узбасс»)
Тел. (38456) 31693

Портола
Вячеслав Алексеевич
докт. техн. наук, проф. каф. аэрологии,
охраны труда и природы КузГТУ,
проф. каф. БЖДЭ и ФВ ЮТИ ТПУ
Тел. (3842)396370