

УДК 622.807

Г.В. Сабянин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ В ЗОНЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Выполнены оценочные расчеты по использованию открытого выработанного пространства для осаждения пыли, образующейся при бурении.

Ключевые слова: вечная мерзлота, твердые отходы горного производства, пылевой проблемы, подземная разработка, внутришахтное пылеосаждение.

Семинар № 10

**G.V. Sabanyan
THE STUDY ON THE
IMPLEMENTATION POSSIBILITIES OF
WORKED-OUT SPACE USING FOR
THE DUST CONTROL IN THE
PERPETUALLY FROZEN SOIL AREA**

The estimative calculations on the open worked-out space using for the dust control after the drilling works are conducted.

Key words: perpetually frozen soil, solid wastes of the mining works, dust control issues, underground mining, underground dust settling.

Характерной особенностью пылевидных твердых отходов горного производства является то, что их поступление в окружающую среду обусловлено наличием экологически безвредного носителя – атмосферного воздуха. Поэтому проблема обеспечения замкнутого цикла обращения этих отходов сводится, по сути, к выделению пыли из воздушного потока и локализации ее внутри системы подземных горных выработок. Следует особо отметить, что экологическая проблема устранения источников пыли, загрязняющей природную среду, тесно увязана с проблемой пылевой безопасности труда человека в подземных условиях через стремление к уменьше-

нию количества пыли во внутришахтных воздушных потоках.

Кардинальное решение пылевой проблемы при подземной разработке может дать только целенаправленное изменение горной технологии, систем и порядка отработки запасов, исключаяющее, с одной стороны, возможность накопления пыли в вентиляционной струе по мере ее движения, а с другой – обеспечивающее возможность периодической очистки вентиляционной струи от пыли, особенно после прохождения ею мощных источников пылеобразования. И вполне очевидное требование – несущие пыль воздушные потоки не должны омывать места работы людей.

Основная масса пылевидных фракций образуется при буровых и взрывных работах. Учитывая реальные показатели удельного расхода бурения, можно оценить выход пыли при выполнении этого технологического процесса в 5-6,5 кг на каждую тонну добытой руды.

Количество пыли при взрывном разрушении пород трудно поддается определению, но, сопоставляя размеры зоны бризантного действия с общим объемом раздробленной единичным зарядом руды, можно утверждать, что удельное количество пыле-

видных фракций здесь, по крайней мере, не ниже, чем при бурении. Вероятность образования значительного количества пыли при доставке, выпуске и погрузке руды ничтожно мала, т.к. энергия взаимодействия кусков породы явно для этого недостаточна. Запыленность рабочих мест здесь связана с пылью, осевшей на отбитой руде при ее бурении и взрывании.

Внутришахтное пылеосаждение, как способ утилизации пылевидных отходов горного производства, наиболее просто реализуется при использовании систем разработки с открытым очистным пространством и отбойкой руды из буровых выработок (восстающих или подэтажных штреков). В этом случае очистное пространство, образующееся по мере подвигания по простиранию рудного тела фронта очистной выемки, может быть использовано для осаждения пыли, образующейся в зоне ведения очистных работ.

Пользуясь известными законами движения пылевых частиц в потоке воздуха, можно оценить параметры выработанного пространства, при которых обеспечивается необходимый уровень обеспыливания потока воздуха после выхода его из буровой выработки, исходя из равенства времени осаждения частицы t_0 и продолжительности её движения вместе с потоком воздуха через очистное пространство T_d :

$$t_0 = T_d.$$

Длительность нахождения частицы во взвешенном состоянии определяется взаимодействием силы тяжести (G) и сопротивлением потока движущемуся в нем телу (P). Допустив, что форма частиц пыли близка к сферической и соблюдается закон Стокса, имеем:

$$\frac{1}{6} \pi d^3 (\gamma_n - \gamma_v) = 3 \pi \mu d V_{II}$$

где d – диаметр частицы; γ_n и γ_v – объемный вес породы и воздуха, соответственно; V_{II} – скорость равномерного движения; μ – коэффициент вязкости воздуха.

Если $G > P$, то частица будет падать с возрастающей скоростью; если $G = P$, то частица будет падать с постоянной скоростью. При $G < P$ частица не будет падать и останется в потоке воздуха. Последний класс частиц устраняется путем фильтрации или преципитации (электрической, термической, ультразвуковой и т.д.). Скорость равномерного движения частиц (случай, когда $G = P$) при гравитационном осаждении пыли, если пренебречь величиной γ_v , составит:

$$V_{II} = \frac{1}{18} \cdot \frac{d^2 \gamma_n}{\mu}.$$

Путь H_0 , проходимый частицей до встречи с лежащим боком очистного пространства, определяется его шириной M и углом падения жилы α :

$$H_0 = \frac{M}{\cos \alpha}.$$

Следовательно, время осаждения для пыли, образовавшейся при бурении скважин в буровом восстающем составит:

$$t_0 = \frac{H_0}{V_{II}} = \frac{18 \cdot M \cdot \mu}{d^2 \gamma_n \cos \alpha}.$$

Очевидно, что это выражение будет иметь смысл при значениях углов падения рудных тел, удовлетворяющих требованию $\alpha < \arctg H_0/M$, где H_0 – активная высота очистного блока. В остальных случаях осаждение пыли идет на поверхность днища блока. Путь частиц до встречи с ней будет равен H_0 , а выемочная мощность перестанет быть фактором, влияющим

на процесс осаждения пыли. В этом случае время осаждения составит:

$$t'_o = \frac{18H_p \mu}{d^2 \gamma_n}.$$

Главным геометрическим фактором, влияющим на время осаждения пыли при крутых углах падения рудных тел, таким образом, является высота подъема линии забоя H_D , которая в верхнем пределе равна активной высоте блока H_a .

Как видно из приведенных выше выражений, наиболее неблагоприятные условия для гравитационного осаждения пыли создаются при крутом падении. С увеличением мощности быстро сужается диапазон возможных значений угла падения, при котором ширина очистного пространства перестает влиять на процесс осаждения пыли. Путь L_d , пройденный каждой пылевой частицей в потоке воздуха до точки выхода из очистного пространства, зависит от размеров этого пространства L и от высоты неотбитой части прирезки $H_{от}$:

$$L_d = \frac{L}{\sin \beta} + l_0.$$

Величина угла β в каждом случае определяется через соотношение:

$$tg \beta = \frac{L}{H_a - H_p}.$$

Величина угла β изменяется от значения, соответствующего $tg \beta = L/H_a$, до 90° , а путь пылевых частиц, соответственно, от $L_d = L/\sin \beta + l_0$ до $L_d = L + l_0$.

Рассматривая наиболее неблагоприятный случай, когда бурение ведется в непосредственной близости к верхнему этажному штреку и расстояние от источника образования пыли до выхода воздушной струи из очистного пространства минимально,

найдем время движения потока воздуха через очистное пространство T_d :

$$T_d = \frac{(L + l_0) \cdot H_a \cdot M}{V_0 S_0 \sin \alpha},$$

где l_0 – глубина бурения; V_0 – скорость воздушной струи в буровом восстающем; S_0 – сечение бурового восстающего.

Очевидно, что все частицы, время осаждения которых t_{oi} окажется меньше величины T_d , выпадут из воздушного потока и останутся на лежащем боку очистного пространства или днища блока. Поэтому можно найти то значение длины открытого очистного пространства, при котором из воздушного потока выпадет вся пыль, а также зависимость $L=f(d)$. Для случая, когда $\alpha \leq \arctg H_a/M$, получим

$$L = \frac{18V_0 S_0 \mu tg \alpha}{H_a \gamma_{II} d^2}.$$

Влияние выемочной мощности здесь проявляется в предельном значении угла α , при котором это выражение имеет смысл. С уменьшением ширины очистного пространства поднимается верхний предел угла α , то есть расширяется диапазон возможных изменений угла падения рудных тел. За верхним пределом этого диапазона длина открытого очистного пространства, обеспечивающая полное осаждение пыли из воздушного потока, будет определяться уже не выемочной мощностью, а соотношением расстояния от днища блока до источника пыли H_D и активной высотой блока H_a

$$L = \frac{18V_0 S_0 \mu \sin \alpha}{M \gamma_{II} d^2} \times \frac{H_p}{H_a} - l_0.$$

Выполненные расчеты показывают, что при принятых в условиях отработки рудных тел малой и средней мощности геометрических параметрах очистных блоков, частицы пыли раз-

мером свыше 5 мкм выпадут из вентиляционной струи в пределах длины одного-двух очистных блоков при любых углах падения рудных тел.

Более мелкие частицы при углах падения до $60-70^\circ$ осядут при величине L , измеряемой уже несколькими сотнями метров, а при падении свыше 83° – первыми тысячами, что делает необходимым регулярную принудительную очистку струи от пыли с помощью каких-либо фильтров. С уменьшением угла падения рудных тел, величина H_0 стремится к выемочной мощности, а длина открытого выработанного пространства, необходимая для полного осаждения пыли, быстро сокращается.

Выполненные оценочные расчеты показывают, что использование открытого выработанного пространства для осаждения пыли, образующейся при бурении, позволит в значительной степени очистить воздушный поток от наиболее крупных фракций пыли. При этом степень очистки и размер осаждаемых за счёт сил гравитации фракций зависят как от геологических факторов, которыми нельзя управлять в ходе очистной выемки (угол падения жил, их мощность и связанная с ней выемочная мощность), так и от технологических параметров, управление которыми возможно (высота этажа, длина очистного блока, общая длина свободного выработанного пространства).

Для гравитационного осаждения наиболее мелких пылевых фракций (до 1-2 микрон) необходима технически недопустимая длина свободного выработанного пространства, особенно при углах падения свыше $70-80^\circ$. Поэтому на выходе струи из очистного пространства необходима установка фильтров с компенсацией неизбежных потерь депрессии. Таким образом, суть идеи заключается в том,

что общая вентиляционная струя на рабочем горизонте разделяется на две ветви, одна из которых (не несущая пыли) движется по этажным штрекам и обеспечивает проветривание находящихся здесь рабочих мест. Вторая же – поступает в буровые выработки, выносит пыль в выработанное пространство, движется по нему параллельно первой ветви какое-то время, необходимое для выпадения крупных и средних фракций, и соединяется с ней только после полной очистки от пыли, как за счёт сил гравитации, так и принудительной, на специальных фильтрах с компенсаторами потерь депрессии.

При необходимости пыленесущую струю можно пропускать через несколько, последовательно расположенных, отработанных блоков, для чего необходимо предусматривать в междублоковых целиках вентиляционные сбойки (возможно с вентиляторами, устраняющими потери депрессии). Пыленесущие потоки воздуха, отсасываемые вентиляторами местного проветривания из проходческих забоев, должны, при реализации данной схемы, также подаваться в ближайшее выработанное пространство для очистки. Вывод всех пылевых потоков в нерабочие пустоты открывает принципиальную возможность использования известных физических методов воздействия для коагуляции наиболее мелких фракций (ультразвук, периодические ударные волны, электростатическое воздействие и т.д.) и тем самым резко интенсифицировать процесс осаждения наиболее опасных для здоровья людей фракций пыли [1, 2].

Вполне очевидно, что реализации данной концепции необходимо провести достаточно наукоемкие исследования в области рудничной аэрологии, во многом изменить сложивший-

ся порядок ведения очистной выемки, организацию добычных работ, конструкции блоков и целиков, возможно – подготовительных и нарезных выработок, а главное – перейти к системам разработки с отбойкой руды скважинными зарядами из буровых

выработок. Всё это должно оправдаться, на наш взгляд, открывающейся перспективой кардинального решения проблемы борьбы с пылью при подземной разработке маломасштабных (вероятно и других) месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуляев А.И., Кузнецов В.М. Коагуляция аэрозолей под действием периодических ударных волн // Акустический журнал. – 1962. – № 8. – С. 12-16.

2. Фукс Н.А. Механика аэрозолей. – М.: изд. АН СССР, 1955. – 60 с.

Коротко об авторе

Сабянин Г.В. – горный инженер, ИПКОН РАН, info@ipkonran.ru



ПРЕПРИНТ

ОТДЕЛЬНЫЙ ВЫПУСК ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ

Горбунов В.А. Выбор простых и сложных чисел p и q в криптосистеме RSA: Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. — 2009. — № 1. — 40 с. — М.: издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2009.

Генерирование простых чисел Софи Жермен и других простых чисел, обеспечивающих безопасность в криптосистеме RSA, основано на использовании чисел праймориальных последовательностей τP_k^* , $\tau = 1, 2, \dots, (P_{k+1} - 1)$. Приводится алгоритм отыскания простых чисел Софи Жермен и других, а в приложении разобраны примеры генерирования простых чисел, имеющих большое количество знаков.

Gorbunov V.A. The selection of the prime and complex numbers in the cryptographic system RSA: The individual articles of the mining informational bulletin. – 2009. - № 1 – 40 p. – Moscow: Moscow State University of Mining Publishing house, 2009.

The generating the prime numbers of Sophie Germain and other prime ones that secure the safety in the RSA cryptographic system is based on the using of the numbers of the prime sequences τP_k^* , $\tau = 1, 2, \dots, (P_{k+1} - 1)$. The algorithm of finding the prime numbers of Sophie Germain and other numbers is given; the examples of prime number generating that contain the maximum number of figures are reviewed in the attachment.