

Е.А. Новикова

## **ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА НА ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ В ВЫРАБОТКЕ**

*Выполнено исследование пылеобразования при работе конвейера, представленное как процесс поступления пыли от источника, равномерно распределенного по всей длине выработки. Получено выражение для определения концентрации пыли в выработке при наличии в ней конвейера, с учетом содержания пыли в вентиляционном потоке, пылевыведения конвейера, параметров пыли, выработки и скорости воздушной струи.*

---

### **ВПЛИВ РОБОТИ КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ НА ЗМІНУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ У ВИРОБЦІ**

*Виконано дослідження пилоутворення при роботі конвеєра, представлено як процес надходження пилу від джерела, рівномірно розподіленого по всій довжині виробки. Отримано вираз для визначення концентрації пилу у виробці при наявності в ній конвеєра, з урахуванням вмісту пилу у вентиляційному потоці, пилувиділення конвеєра, параметрів пилу, виробки і швидкості повітряного струменя.*

---

### **INFLUENCE OF WORK CONVEYING TO CHANGE CONCENTRATION IN THE MINE WORKING**

*The investigation of dust formation while conveyor operation is carried out. The investigation is presented as the process of dust inflow from source uniformly distributed along the entire mine working length. The expression for determination the dust concentration in mine working in the presence of conveyor there, taking into account dust concentration in air stream, conveyor dust release, mine working and air stream velocity is given.*

---

### **ВВЕДЕНИЕ**

Выработки, оборудованные конвейерным транспортом, особенно опасны в отношении возникновения и распространения по ним взрывов угольной пыли.

Один из основных факторов, обуславливающих пылевзрывоопасность горных выработок, является пылеотложение. Особенно интенсивное пылеотложение наблюдается в конвейерных выработках [1]. Это связано с тем, что конвейерные выработки, в связи с загромождением их кон-

вейером, имеют большую площадь соприкосновения с пылью при ее распространении с воздушным потоком по длине выработки, а, следовательно, и процессы адгезии в конвейерной выработке происходят более интенсивно. Кроме того, отложение угольной пыли по длине конвейерной линии происходит по всей поверхности выработки за счет осаждения пыли из проходящего воздуха, под роликами холостой ветви, на роликсопорах, предохранительных полках, а также на почве выработки за счет просыпания транспортируемого угля.

Потери угля по длине конвейерных выработок зависят от состояния конвейерных линий, нарушений режима эксплуатации конвейерных установок, качества стыковки секций скребковых конвейеров и достигают в отдельных случаях 3% от общего количества транспортируемого угля [2].

Таким образом, основными процессами пылеобразования в конвейерных выработках являются:

- сдувание пыли с грузовой ветви конвейерной ленты;
- накопление просыпей в подконвейерном пространстве, содержащих до 40% пыли с последующим ее сдуванием;
- пылеобразование на перегрузке с конвейера на конвейер.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Интенсивность инерционного осаждения зависит от множества влияющих факторов и до сих пор в достаточной мере не изучена, более того нет единого мнения и в характере затухания пульсационной скорости у стенок выработок. Н. Фукс считает, что на интенсивность осаждения на стенки выработок и на препятствия существенно влияет также электростатическая зарядность частиц. Однако можно согласиться с Н. Фуксом, что и в случае инерционного осаждения интенсивность осаждения пропорциональна концентрации частиц и их подвижности, определяемой временем релаксации [3]. Формула описывающая процесс осаждения монодисперсного аэрозоля на участке сосуда с объемом  $V_г$  и площадью поверхности  $S_г$ , имеет вид

$$V_г \frac{dn}{dt} = S_г K_T n \tau_p,$$

где  $\tau_p = \frac{1}{18} \frac{\delta^2 \gamma}{\mu}$  – время релаксации частиц; с;

$\delta$  – эквивалентный диаметр частиц пыли, мкм;

$\gamma$  – плотность частиц пыли, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – динамическая вязкость, Па·с;

$K_T$  – коэффициент турбулентной диффузии.

Н. Фуксом так же рассмотрено осаждение частиц монодисперсной пыли из турбулентного потока в круглом гладком трубопроводе, при равномерном распределении концентрации частиц пыли по сечению трубопровода при гравитационных процессах осаждения. Полученное им выражение имеет вид

$$C = C_0 \exp\left(-\frac{2\tau_p g L}{\pi R U}\right),$$

где  $L$ ,  $R$  – длина и радиус трубопровода, м;

$\bar{U}$  – средняя скорость воздуха в трубопроводе, м/с;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Приведенное выражение может быть использовано для анализа осаждения аэрозолей и в горных выработках при преимущественно гравитационном осаждении пыли. Учитывая то, что форма сечения выработок значительно отличается от круглого трубопровода величину  $R$  определим как

$$R = \frac{2S}{P},$$

где  $S$  – сечение выработки, м<sup>2</sup>;

$P$  – периметр выработки, м.

После преобразований получим выражение для определения концентрации частиц монодисперсного аэрозоля

$$C = C_0 \exp\left(-\frac{S_г K_T}{V_г} \tau_p t\right).$$

С учетом выражения (6) [4] и величин  $t = \frac{L}{U}$ ,  $\frac{S_г}{V_г} = \frac{P}{S} = \frac{2}{R}$  введем коэффициент

$B_1$ , характеризующий совместное воздействие инерционных и гравитационных сил

$$B_1 = \frac{\gamma L}{9\pi\mu R U} + \frac{K_T L \gamma}{9\mu R U} = \frac{\gamma L}{9\pi\mu R U} (g + K_T \pi).$$

Окончательно с учетом гравитационно-го и инерционного осаждения

$$C = C_0 \frac{b}{b + B_1} \quad (1)$$

или в развернутом виде, с учетом введенных обозначений

$$C = C_0 \left[ \frac{4,5\pi\mu R \bar{U}}{4,5\pi\mu R \bar{U} + \sigma_h^2 \gamma L (g + K_T \pi)} \right] \quad (2)$$

После несложных преобразований и ввода обозначения

$$B_2 = \frac{\sigma_h^2 \gamma (g + K_T \pi)}{4,5\pi\mu R} \quad (3)$$

получим  $C = C_0 \frac{1}{1 + \frac{B_2 L}{U}}$  или  $C = \frac{C_0}{1 + \frac{B_2 L}{U}}$ .

Величина  $\frac{1}{1 + \frac{B_2 L}{U}}$  (4)

характеризует осаждение пыли по длине выработки.

При анализе процессов образования и распространения пыли в горных выработках учтены основные факторы, влияющие на процесс образования и распространения пыли. Однако существует много других второстепенных факторов, которые в какой-то мере способны повлиять на распределение частиц пыли.

Выражение для определения изменения концентрации пыли по длине выработки (1) учитывает точечный источник пылеобразования. Однако в конвейерной выработке источники пылеобразования распределены по длине. Поэтому при наличии конвейеров, выражение требует уточнения.

Рассмотрим изменение концентрации пыли по направлению движения воздуха в конвейерной выработке длиной  $L$  (рис. 1).

Пылеобразование при работе конвейера представим как процесс поступления пыли от источника, равномерно распределенного по всей длине выработки. Интенсивность пылеобразования с единицы длины

конвейера выразим через плотность потока частиц пыли, приходящихся на долю конвейера  $j$ , мг/с·м.

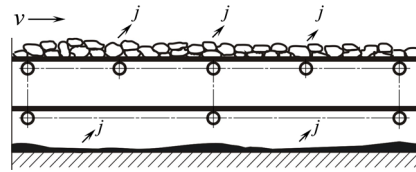


Рис. 1. Схема определения концентрации витающей пыли

Таким образом, для стационарного процесса образования частиц пыли с интенсивностью  $j$  в стабилизированной зоне конвейерной выработки сечением  $S_k$ , изменение концентрации пыли  $C(L)$  по длине конвейера  $L$  в вентиляционном потоке движущегося со средней скоростью  $v_{cp}$ , может быть записано в виде

$$C(L) = \frac{jL}{S_k v_{cp}} \quad (5)$$

Пыль, образовавшаяся в результате работы конвейера (распределенный по длине источник пылеобразования), а также ведение технологических работ по отбойке угля от массива горных пород (точечный источник), оседает по длине конвейерной выработки под действием гравитационных, инерционных, электростатических и других сил, в результате чего ее концентрация в вентиляционном потоке изменяется. Кроме того, динамика реальной аэродисперсной системы осложнена различными процессами взаимодействия частиц с окружающей средой. Для взвешенных частиц, движущихся в горной выработке, интенсивность оседания определяется концентрацией пыли в воздухе и скоростью воздушного потока.

С учетом осаждения пыли (4), образовавшейся в результате работы конвейера, и (5), выражение для определения изменения концентрации пыли примет вид

$$C_{\kappa}(L) = \frac{jL}{S_{\kappa}(v_{cp} + B_2L)}$$

Зависимости концентрации угольной пыли от координаты длины горной выработки с учетом концентрации пыли образовавшейся в результате выполнения технологических работ (2), описывающей процесс изменения концентрации угольной пыли по длине выработки с учетом гравитационного и инерционного осаждения, в окончательной форме будет иметь следующий вид

$$C = \frac{C_0}{1 + \frac{\sigma_h^2 \gamma (g + K_T \pi) L}{4,5 \cdot \pi \mu R U}} + \frac{jL}{S_{\kappa} \bar{U} + \frac{S_{\kappa} \sigma_h^2 \gamma (g + K_T \pi) L}{4,5 \cdot \pi \mu R}} \quad (6)$$

Второе слагаемое в правой части уравнения (6) характеризует процесс пылеобразования при работе конвейера. При достаточно большой длине конвейерных выработок ( $L \rightarrow \infty$ ) концентрация пыли в них определяется в основном процессом пылеобразования от работающего конвейера. Так как источник распределен по длине, то удельное пылеобразование от конвейера выражается величиной

$$C_{\kappa} = \frac{j}{S_{\kappa}(v_{cp} + B_2)}$$

$$C = \frac{C_0}{1 + \frac{B_2 L}{v_{cp}}} + \frac{jL}{S_{\kappa}(v_{cp} + B_2 L)}$$

$$\text{или } C = \left( C_0 + \frac{jL}{S_{\kappa} v_{cp}} \right) \frac{1}{1 + \frac{B_2 L}{v_{cp}}}$$

С учетом (3)

## ВЫВОДЫ

Получены выражения, позволяющие рассчитать концентрацию и дисперсный состав рудничных аэрозолей по длине и высоте горных выработок при наличии гравитационного и инерционного осаждения частиц, изменение концентрации пыли по длине выработки при наличии в ней конвейера, с учетом содержания пыли в вентиляционном потоке, пылевыведения конвейера, параметров пыли, выработки и скорости воздушной струи.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесник В.Е. Моделирование процесса распространения пыли по длине горной выработки при постоянно действующем источнике / В.Е. Колесник // *Науковий вісник НГА України*. – 2001. – № 2. – С. 49 – 52.
2. Голинько В.И. Анализ процесса пылеобразования при добыче и транспортировке полезных ископаемых / В.И. Голинько, Я.Я. Лебедев, Е.А. Новикова // *Школа подземной разработки: материалы междунар. научн.-практ. конф.* – Д.: ЛізуновПрес, 2010. – С. 126 – 135.

3. Новикова Е.А. Динамика рудничных аэрозолей, образовавшихся при добыче и транспортировке полезных ископаемых / Е.А. Новикова // *Збірник наукових праць НГУ*. – 2010. – № 35, Т. 1. – С. 167 – 177.
4. Голинько В.И. Изменение концентрации и дисперсного состава пыли по длине конвейерных выработок угольных шахт / В.И. Голинько, Я.Я. Лебедев, Е.А. Новикова // *Зб. наук. праць ДДТУ*. – Дніпродзержинськ, 2010. – Вип. 2 (15). – С. 319 – 327.

## ОБ АВТОРАХ

*Новикова Елена Александровна – к.т.н., доцент  
кафедры управления на транспорте Национального  
горного университета.*

