

УДК 622.81:622.647.21

Новикова Е.А., канд. техн. наук, доцент
(Государственное ВУЗ «НГУ»)

**ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА
И ПАРАМЕТРОВ ПРОВЕТРИВАНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ
ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ И ФОНОВУЮ КОНЦЕНТРАЦИЮ В ВЫРАБОТКЕ**

Новікова О.О., канд. техн. наук, доцент
(Державний ВНЗ «НГУ»)

**ВПЛИВ ПРОДУКТИВНОСТІ КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ І
ПАРАМЕТРІВ ПРОВІТРЮВАННЯ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ
ПИЛОУТВОРЕННЯ І ФОНОВУ КОНЦЕНТРАЦІЮ У ВИРОБЦІ**

Novikova O.O., Ph.D. (Tech.), Associate Professor
(State HEI «NMU»)

**IMPACT OF CONVEYOR TRANSPORT PRODUCTIVITY AND
VENTILATION PARAMETERS ON INTENSITY OF DUST FORMATION
AND BACKGROUND CONCENTRATIONS IN THE ROADWAYS**

Аннотация. Интенсивность пылеобразования от конвейера определяется многими факторами, основными из которых являются его техническое состояние, режим проветривания и производительность при транспортировании горной массы. Постоянство концентрационного фона поддерживается за счет сложного механизма взметывания и оседания пыли, который в силу его слабой изученности приводит к качественному расхождению теоретических результатов с экспериментальными данными. В статье рассмотрено изменение фоновой концентрации пыли в выработке при влиянии на нее производительности конвейера и режима проветривания. Полученные данные экспериментов свидетельствуют об увеличении интенсивности пылевыведений от работающего конвейера при увеличении скорости вентиляционного потока и производительности конвейера. Полученные зависимости позволяют более точно описать изменение концентрации пыли по длине выработки при одновременном воздействии точечного и распределенного источников пылеобразования в горной выработке.

Ключевые слова: пылеотложения, фоновая концентрация, конвейерные выработки, производительность конвейера, вентиляционный поток.

Введение. Уровень запыленности в конвейерной выработке обуславливается тремя совместно действующими факторами: разбавлением пылевого облака чистым воздухом за счет турбулентной диффузии в движущемся потоке, выносом витающей пыли за пределы конвейерной выработки и интенсивностью пылеобразования источниками пыли (точечными источниками – при отбойке горной массы от массива горных пород и перегрузе, а также источниками распределенным по длине выработки – при транспортировке горной массы конвейером).

Интенсивность пылеобразования от конвейера определяется многими факторами, основными из которых являются его техническое состояние, режим проветривания и производительность при транспортировании горной массы.

На пылевую обстановку в конвейерных выработках существенное влияние оказывают процессы оседания пыли, поступившей через начальное сечение горной выработки [1]. Однако наряду с оседанием пыли происходит ее образование по длине конвейерных линий и взметывание ее воздушным потоком. Первый из этих факторов способствует уменьшению запыленности воздуха, а второй приводит к тому, что на значительных расстояниях от точечных пылевых источников, когда влияние его на пылевую обстановку практически отсутствует, в вентиляционной струе сохраняется определенная концентрация пыли, даже если на почве или стенках выработки убрана осажденная пыль [2]. Постоянство концентрационного фона поддерживается за счет сложного механизма взметывания и оседания пыли, который в силу его слабой изученности приводит к качественному расхождению теоретических результатов с экспериментальными данными [3]. Причиной этому является то, что граничные условия при описании движения частиц в турбулентном потоке уравнением диффузии в потоке не отражают реального процесса, который состоит в том, что при удалении от пылевого источника на расстояние порядка десятка метров происходит падение концентрации пыли до ее фоновой величины, зависящей от конкретных условий, а дальше она остается приблизительно на одном уровне.

Теоретическая часть. Оценить влияние на фоновую запыленность процессов взметывания пыли за счет ее сдувания с поверхности выработки и повторного оседания (по принципу «бархан» или массопереноса) весьма сложно. На первый взгляд представляется возможным учесть оседание и взметывание [3], поскольку над шероховатой поверхностью почвы коэффициент турбулентной диффузии пыли отличен от нуля, а при наличии на ней осажденной пыли граничное значение ее концентрации на почве совпадает с насыпной плотностью. Однако при таком подходе из-за очень малой скорости гравитационного оседания пылинок концентрация пыли даже на удалении от источника получается соизмеримой с ее насыпной плотностью [4].

Если несоответствие теоретических результатов экспериментальным данным в первых двух случаях легко объясняется принятием слишком идеализированных граничных условий при решении уравнения распространения пыли, то причина парадоксального результата, получающегося при последнем подходе, более глубока. Для ее объяснения другими авторами схожих работ была высказана гипотеза о механизме взметывания пыли с почвы горной выработки: в турбулентном потоке над шероховатой поверхностью пыль взметывается не отдельными частицами, а в виде пылевых образований – сгустков (облачков), которые затем рассыпаются на отдельные пылинки.

Благодаря пылевым сгусткам скорость их гравитационного оседания вследствие экранирующей способности может быть намного больше, чем у отдельных частиц, в результате чего обеспечивается значительное падение концентрации пыли в потоке по сравнению с ее насыпной плотностью в осажденном состоянии. Для непосредственного подтверждения гипотезы и уточнения количественных характеристик данного процесса ранее проводились исследования процесса взметывания пыли с поверхности горных выработок, в которых дана

оценка влиянию на фоновую запыленность этих процессов [5].

Экспериментальная часть. В связи с вышеуказанным, с целью исключения влияния процессов рассмотренных выше, для определения фоновой концентрации образованной работой конвейера, был выбран участок свежесобранной конвейерной выработки на расстоянии 400 м от лавы с типовой площадью сечения 5 м^2 , периметром 9 м, при $v_{cp} = 0,5 \text{ м/с}$ и $B = 0,0245$.

При изменении производительности конвейера фоновая концентрация в выработке изменяется по кривой представленной на рис. 1.

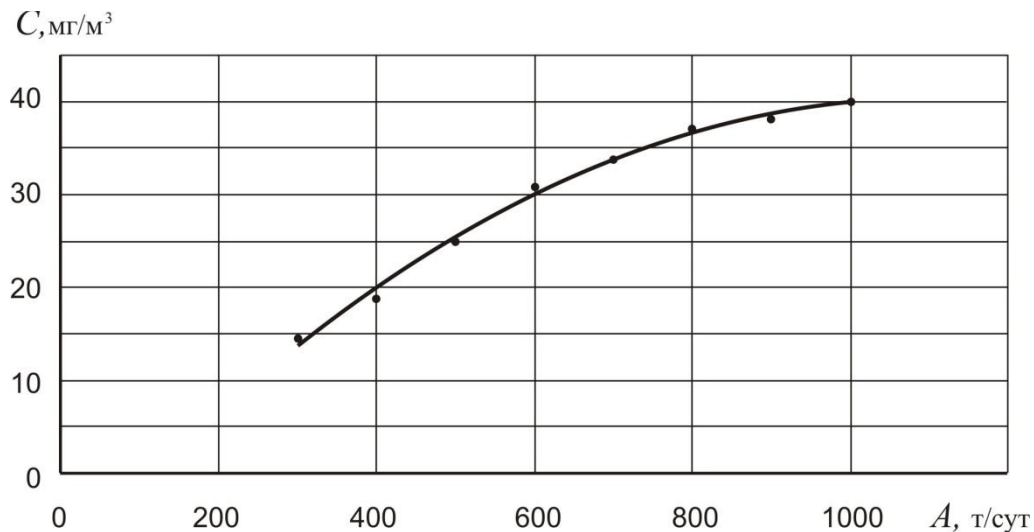


Рисунок 1 - Зависимость фоновой концентрации от величины производительности конвейера

Полученный график описывается уравнением вида полинома второй степени

$$C_k = -5 \cdot 10^{-5} \cdot A^2 + 0,0913 \cdot A - 10,008, \text{ мг/м}^3 \quad (1)$$

где A - производительность конвейера, т/сут; C_k - фоновая концентрация пыли в выработке, мг/м³; с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,9942$.

На фоновую концентрацию существенное влияние оказывает вентиляционный режим в конвейерной выработке, поэтому при исследовании динамики фоновой концентрации измерения выполнялись при различных скоростях вентиляционной струи.

Анализ результатов исследований, представленных на рис. 2. свидетельствует о том, что фоновая концентрация в выработке обусловленная работой конвейера, при определенных условиях может быть величиной постоянной и оставаться на одном уровне. Однако при определенных обстоятельствах величина концентрационного фона в конвейерной выработке может существенно измениться, что может привести к существенному ухудшению санитарно-гигиенических условий труда и уровня безопасности на рабочих местах.

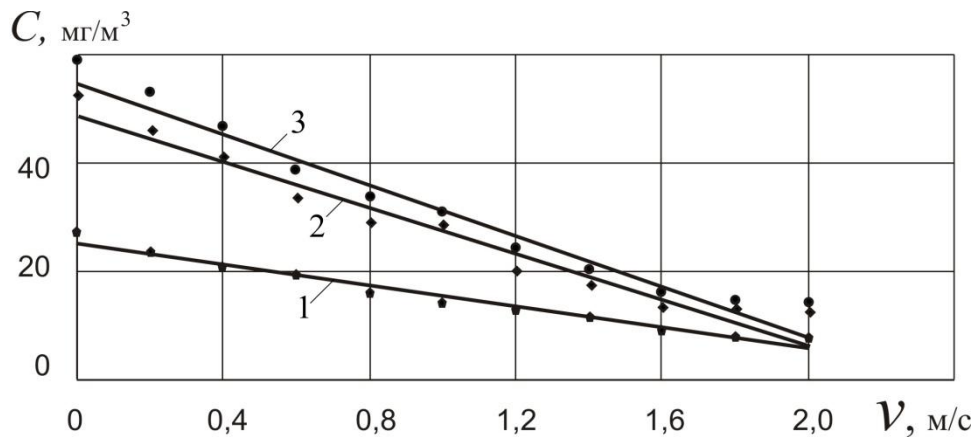


Рисунок 2 - График зависимости концентрационного фона от скорости вентиляционной струи, для разной производительности конвейера при его работе: 1, 2 и 3 – соответственно, при производительности конвейера 500, 700 и 1000 т/сут.

При наличии источников непрерывного выделения пыли, интенсивность пылевыведения в проветриваемой выработке всегда больше, чем в непроветриваемой [6]. Это явление связано с тем, что в проветриваемой выработке на процесс образования аэрозоля при непрерывном выделении пыли существенное влияние оказывают динамические параметры вентиляционного потока.

Для проверки справедливости утверждения [6] в условиях работы конвейера были выполнены исследования, сущность которых заключалась в определении интенсивности пылевыведения во время работы конвейера при разных значениях скорости вентиляционной струи, а также для разной производительности конвейера. Для этого при каждом режиме проветривания производилось измерение средней запыленности воздуха в конвейерной выработке.

Отбор пылевых проб производился только во время работы конвейера. Одновременно с отбором пылевых проб измерялись скорость движения и расход воздуха в выработке, фиксировались время чистой работы конвейера и определялась его производительность.

Интенсивность пылевыведения при каждом режиме проветривания рассчитывалась по формуле

$$j = C_{\kappa} S (\nu + 0,0245), \text{ мг/с} \quad (2)$$

где S - площадь исследуемого участка выработки, м^2 ; ν - скорость вентиляционной струи, м/с.

Результаты работы. Полученные данные экспериментов (рис.3) свидетельствуют об увеличении интенсивности пылевыведений от работающего конвейера при увеличении скорости вентиляционного потока и производительности конвейера.

Таким образом, основными параметрами, оказывающими существенное влияние на величину концентрационного фона в конвейерной выработке, явля-

ются: техническое состояние конвейера, его производительность, количество осажженной пыли в подконвейерном пространстве, скорость вентиляционной струи, свойства отбиваемой от массива и транспортируемой горной массы, свойства пыли, а также аэродинамические параметры пылевого и вентиляционного потоков.

Скорость вентиляционной струи является строго регламентируемым параметром, свойства горной массы и пыли обусловлены природными факторами и существующей технологией добычи угля, аэродинамические параметры воздушных и пылевых потоков обусловлены применяемой крепью горных выработок и оборудованием которое находится в них [6]. Поэтому для улучшения санитарно-гигиенических условий труда и повышения уровня безопасности ведения основных технологических работ по добыче и транспортировке угля необходимо разрабатывать мероприятия, способы и технические средства для снижения уровня накопления угольной пыли в конвейерной выработке, особенно в таких труднодоступных местах с высокой потенциальной опасностью во время аварийной ситуации, каким является подконвейерное пространство.

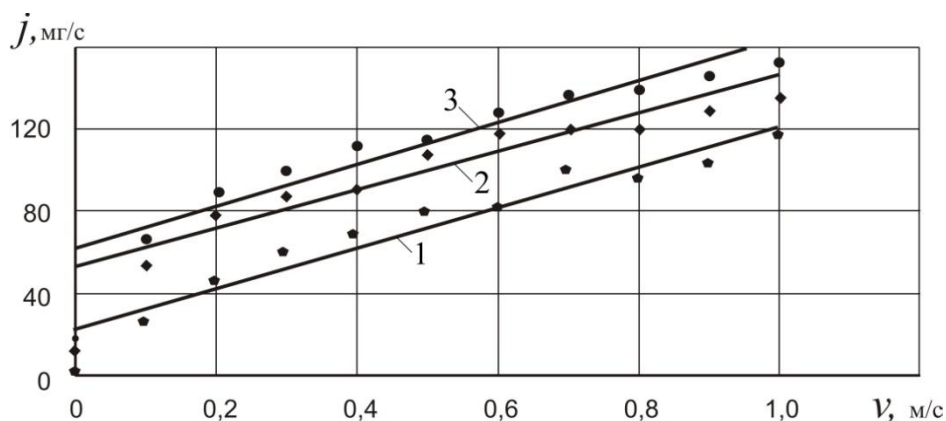


Рисунок 3 - График зависимости интенсивности пылеобразования от скорости вентиляционной струи, для разной производительности конвейера при его работе: 1, 2 и 3 – соответственно, при производительности конвейера 500, 700 и 1000 т/сут.

Выводы. Основные результаты выполненных исследований сводятся к следующему:

- увеличение скорости воздушного потока в конвейерной выработке до определенного предела способствует снижению запыленности воздуха за счет разжижения пылевого облака, а далее к ее росту за счет более интенсивного выдувания пыли, просыпавшейся из-под холостой и рабочей лент конвейера;

- на интенсивность пылеобразования и фоновую концентрацию в конвейерной выработке оказывает существенное влияние производительность конвейера и параметры проветривания. Результаты исследований свидетельствуют об увеличении интенсивности пылевыделений от работающего конвейера при увеличении скорости вентиляционного потока и производительности конвейера. Полученные экспериментальные точки образуют линии с наклоном к оси абсцисс,

что подтверждает справедливость утверждений и исследования выполненные ранее;

- сравнение экспериментальных зависимостей с теоретическими свидетельствует об их адекватности. Однако экспериментальные кривые более вогнуты, что объясняется неучтенными факторами, а при значительном удалении ($L > 100$ м) от места с максимальной концентрацией пыли в конвейерном штреке они практически параллельны оси x . Это свидетельствует о том, что концентрация пыли в выработках, несмотря на наличие в них распределенного по длине источника пылеобразования, стабилизируется на определенном уровне и практически не зависит от длины выработки. Это явление объясняется оседанием части пыли образованной рассредоточенным по длине выработки источником пылеобразования;

- полученные зависимости позволяют более точно описать изменение концентрации по длине выработки при одновременном воздействии точечного и распределенного источников пылеобразования в горной выработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Best Practices for Dust Control in Coal Mining/Jay F. Colinet, James P. Rider, Jeffrey M. Listak, John A. Organiscak, and Anita L. Wolfe//Information Circular 9517.-2010.-№110.-pp. 18-20.
2. Влияние ПАВ на дисперсность кварцевой пыли при взрывном разрушении углеродного массива / В.И. Голинько, Д.В.Савельев, Я.Я.Лебедев [и др.] // Розробка родовищ - 2014:Щорічний науково-технічний збірник Д.: ТОВ «Лізунов Прес». - С.431-435.
3. Голинько, В.И. Контроль пылеотложения в горной выработке по содержанию пыли в воздухе с учетом закономерности ее оседания / В.И. Голинько, В.Е. Колесник// Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2002. – Вып. № 1. – С. 194 - 198.
4. Ткаченко, С.Н. Пылеотложение в угольной шахте /С.Н.Ткаченко// Науковий вісник НГАУ. – Днепропетровск, 2001, №1. – С. 98 -100.
5. Новикова, Е.А. Динамика рудничных аэрозолей, образовавшихся при добыче и транспортировке полезных ископаемых /Е.А. Новикова// Збірник наукових праць НГУ. – 2010. – № 35, том 1. – С. 167-177.
6. 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.

REFERENCES

1. Colinet, J.F., Rider, J.P., Listak, J.M., Organiscak, J.A., and Wolfe, A.L. (2010), “Best Practices for Dust Control in Coal Mining”, *Information Circular 9517*.-2010.no.110,pp. 18-20.
2. Holinko, V.I., Savelev, D.V., Lebedev, Ya.Ya., Ishenko, K.S. and Kratkovskiy, I.L. (2014), “Effect of surfactants on the dispersion of silica dust during the explosive destruction of coal rock mass”, *Mining, the annual scientific - technical collection*, pp.431-435.
3. Holinko, V.I., Kolesnik, V.E. (2002), “Control dust deposits in mines on the content of dust in the air, taking into account the laws of its subsidence”, *Gornyy informatsionno-analiticheskiy bulletin*, no.1, pp. 194 - 198.
4. Tkachenko, S.N. (2001), “Deposition of dust in the coal mine”, *Naukoviy visnik NMAU*, no.1, pp. 98-100.
5. Novikova, E.A. (2010), “Dynamics of mine aerosols produced during production and transportation of minerals”, *Zbirnik naukovykh prats Natsionalnogo girnychogo universytetu* , no. 35, pp. 167-177.
6. Kolesnik, V.E. (2001), “Modeling the propagation of dust along the length of excavation at the permanent source”, *Naukoviy visnik Natsionalnoy girnychoy akademii Ukrainy*, no.2, pp. 49-52.

Об авторе

Новикова Елена Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры управления на транспорте, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, novikova@mail.ru.

About the author

Novikova Yelena Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor of Department of Transport Management, State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepropetrovsk, Ukraine, novikova@mail.ru.

Анотація. Інтенсивність пилоутворення від конвеєра визначається багатьма факторами, основними з яких є його технічний стан, режим провітрювання і продуктивність при транспортуванні гірської маси. Сталість концентраційного фону підтримується за рахунок складного механізму здіймання і осідання пилу, який в силу його слабкої вивченості призводить до якісної розбіжності теоретичних результатів з експериментальними даними. У статті розглянута зміна фонові концентрації пилу у виробці при впливі на неї продуктивності конвеєра і режиму провітрювання. Отримані дані експериментів свідчать про збільшення інтенсивності пиловідкладень від працюючого конвеєра при збільшенні швидкості вентиляційного потоку і продуктивності конвеєра. Отримані залежності дозволяють більш точно описати зміну концентрації пилу по довжині виробки при одночасному впливі точкового і розподіленого джерел пилоутворення в гірничій виробці.

Ключові слова: пиловідкладення, фонові концентрація, конвеєрні виробки, продуктивність конвеєра, вентиляційний потік.

Abstract. Intensity of formation of dust from the conveyor is determined by many factors, the key of them are the conveyor technical state, mode of ventilation operation and rock transportation performance. Background concentration is constant due to a complex mechanism of the dust lifting and settling, which is poorly studied and, therefore, leads to a qualitative discrepancy between theoretical results and experimental data. The article is focused on the dust background concentration changing in the roadways depending on conveyor productivity and mode ventilation operation. The experimental data show more intensive emissions of dust from the operating conveyor when ventilation flow rate and conveyor productivity increase. The obtained dependences more accurately describe dust concentration changes along the whole length of the roadway under the simultaneous impact of the point and distributed sources of the dust formation in the mines.

Keywords: dust deposits, background concentration, belt roadways, conveyor productivity, ventilation flow.

Статья поступила в редакцию 12.09.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук В.Г. Шевченко