

К вопросу моделирования процесса осаждения пыли для условий угольной шахты

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-67-72>

На современных горнодобывающих предприятиях существуют различные способы, снижающие концентрацию пыли в том или ином объеме. Обычно требуется обеспыливать горные выработки, складские помещения, технологические помещения с высокоточным оборудованием и многие другие. Но не редко приходится сталкиваться с невозможностью произвести работы по снижению концентрации пыли из-за технологических издержек. Поэтому исследование процессов массопереноса, разработка мероприятий и установок по контролю концентрации пыли актуальны в современном технологическом обществе.

В начале исследования процессов массопереноса пыли на горнодобывающем предприятии требовалось провести не только теоретические расчеты, но и получить эмпирические значения и показатели. Поскольку проведение данных исследований основано на экспериментальных значениях, была разработана методика проведения этих экспериментов.

Методика, описываемая в данной статье, основана на исследованиях пульсирующей вентиляции аэрозолей, аэрации пыли и методике проведения экспериментов. По данной методике планируется провести эксперименты по осаждению пыли различных концентраций для получения значений времени осаждения данной пыли. Результаты, полученные при работе по этой методике, будут использоваться в дальнейших экспериментах по пылеосаждению как базовые параметры запыленной среды.

Ключевые слова: пыль, методика, эксперимент, пылевое загрязнение, массоперенос, пылеосаждение, пробоподготовка, измельчение пыли, время осаждения пыли, концентрация пыли.

Для цитирования: К вопросу моделирования процесса осаждения пыли для условий угольной шахты / А.Э. Филин, И.Ю. Курносов, Л.А. Колесникова и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 67-72. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-67-72.

ВВЕДЕНИЕ

Угольная промышленность занимает важную позицию в топливно-энергетическом комплексе России, обеспечивая энергетику, металлургию и ряд других отраслей, а также население топливом и сырьем. В то же время одной из основных опасностей при ведении горных работ являются вспышки метановоздушной смеси и взрывы угольной пыли [1, 2].

Основное количество взрывов происходит при ведении очистных и подготовительных горных работ [2, 3], а также при ведении монтажных работ с нарушениями вентиляционного режима, при повторном использовании выработок [4, 5].

ФИЛИН А.Э.

Доктор техн. наук, доцент,
профессор кафедры НИТУ «МИСиС»,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: aleks_filin@bk.ru

КУРНОСОВ И.Ю.

Ассистент,
аспирант кафедры НИТУ «МИСиС»,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: kurnosovilya@yandex.ru

КОЛЕСНИКОВА Л.А.

Канд. экон. наук,
доцент кафедры НИТУ «МИСиС»,
ФГБОУ ВО «Российский
экономический университет
имени Г.В. Плеханова»,
117997, г. Москва, Россия,
e-mail: luzu@yandex.ru

ОВЧИННИКОВА Т.И.

Доктор техн. наук, доцент,
профессор кафедры НИТУ «МИСиС»,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: ovchinnikova_ti@mail.ru

КОЛЕСНИКОВ А.С.

Канд. техн. наук,
профессор кафедры,
Южно-Казахстанского
университета им. М. Ауэзова,
160012, г. Шымкент, Республика Казахстан,
e-mail: kas164@yandex.kz

Сегодня на территории предприятий добычи полезных ископаемых используется достаточное количество различных способов по снижению пылеобразования. Проводятся такие мероприятия, как: вентиляция, предварительное увлажнение угольного массива, орошение на комбайне, водяные и тумано-образующие завесы, тканевые лабиринты, обмывка выработок и др., влияющие на аэрологические риски [6], но большинство таких способов либо неэффективно, либо требует большого количества времени [7, 8]. Для снижения времени осаждения пыли было предложено исследовать воздействие пульсирующей вентиляции в комплексе с акустическим воздействием (различной частоты), не превышающим предельно допустимого уровня, с целью увеличения эффективности коагуляции частиц при использовании орошения. Эти способы не обеспечивают снижения концентрации пыли в воздухе до предельно допустимых концентраций по санитарным нормам, используемые средства пылеподавления не обеспечивают на должном уровне пылевзрывобезопасность при разработке угольных пластов, поэтому необходимо воздействовать на аэрозоли высоких концентраций с целью ускорения снижения их опасных и вредных значений.

Для такого рода исследований, направленных на повышение эффективности пылеосаждения в рамках научного направления «пульсирующая вентиляция», необходимо подготовить экспериментальную базу и наработать статистические данные. В качестве первого этапа, для получения базовых показателей поведения пыли, была разработана методика проведения эксперимента по пылеосаждению. Учитывая масштаб проблемы, совершенствование методов осаждения пыли является актуальной научной задачей.

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОСАЖДЕНИЯ ПЫЛИ

Для эксперимента была разработана установка в виде герметичного сборного кубического короба с алюминиевым каркасом и стенками из полимерного прозрачного материала толщиной 4 мм. Объем данной конструкции составляет 1 м³ с длиной стороны 1 м (рис. 1).

Внутри этой установки распложен генератор пульсирующей вентиляции (а), асинхронный трехфазный электродвигатель с крыльчаткой (б) для равномерного распределения пыли внутри бокса, насосная станция (в) и набор форсунок для создания орошения. Для отслеживания значений концентрации пыли используется измеритель массовой концентрации аэрозольных частиц «АЭРОКОН-П» (е). Также в установке предусмотрен осциллограф для отслеживания формы и вида ультразвукового сигнала, а также его оценки во времени и амплитуды (г). Для моделирования ультразвуковых колебаний используется ультразвуковой излучатель (на рис. 1 не представлен) с частотным преобразователем (д) [9].

ПРОБОПОДГОТОВКА ИССЛЕДУЕМЫХ ОБРАЗЦОВ ПЫЛИ

Перед началом проведения эксперимента требуется подготовить исследуемую пыль к проведению экспери-

мента. Пробоподготовка должна проводиться в лабораторных условиях и профессионально подготовленным персоналом. Проба пыли поставляется на пробоподготовку в сухом, высушенном состоянии (проба выдержана в течение 24-48 ч при температуре воздуха 21°C) на измельчение вместе с информацией по ее химическому составу. Если принимаемая на измельчение пыль соответствует стандартам пожаровзрывоопасности, то ее измельчают, согласно методическим указаниям измельчения материала в шаровой мельнице и просеивают до получения размера частиц не более 10 мкм [10, 11].

Полученная масса собирается в виде конуса и набирается в лопатку (лопатку ведут снизу конуса вверх по его поверхности). Из лопатки пыль высыпает на вершину конуса так, чтобы она распределилась по всем его сторонам. После 3-4-разового перелопачивания по всей окружности основания конуса пробу разделяют на две части в плоскости, перпендикулярной основанию конуса. Каждую часть пробы снова собирают в виде конуса, перелопачивают, как указано выше, и разделяют еще на две части. От каждого конуса отбирают по половине, а две оставшиеся (от каждого конуса) смешивают и повторно разделяют, отбирая так же по половине. В конце пробоподготовки получают шесть отобранных частей, из которых в равных долях набирается требуемый вес пробы.

ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ЭКСПЕРИМЕНТУ. СООТНОШЕНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ К СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА

Поскольку в эксперименте применяются различные цифровые приборы, требуется обеспечить их управление посредством ПК. Одним из таких приборов является асинхронный двигатель (см. рис. 1, б). Для его управления используется программа «ElcDrive». Данное программное обеспечение (ПО) управляет частотным преобразователем, подключенным к асинхронному двигателю. Получить значение скорости движения воздуха в м/с не представляется возможным. Для определения скорости движения воздуха требуется соотнести частоту вращения вала (Гц) со скоростью движения воздуха (м/с) от крыльчатки, находящейся на конце вала.

Соотношение получают при помощи использования цифрового чашечного анемометра. Последовательность получения соотношения приведена ниже:

- установить анемометр напротив крыльчатки таким образом, чтобы ось вращения анемометра была перпендикулярна оси вращения крыльчатки;
- включить частотный преобразователь и установить частоту в 12 Гц;
- после того, как чашки анемометра начинают вращаться, снять показания скорости движения воздуха и записать в таблицу;
- наработать практические данные по скорости движения воздуха, повышая частоту преобразователя на 1 Гц;
- наработав значения скорости движения воздуха для диапазона частот от 12 до 22 Гц (10 значений), методом интерполяции рассчитать последующие 10 значений (22-32 Гц);

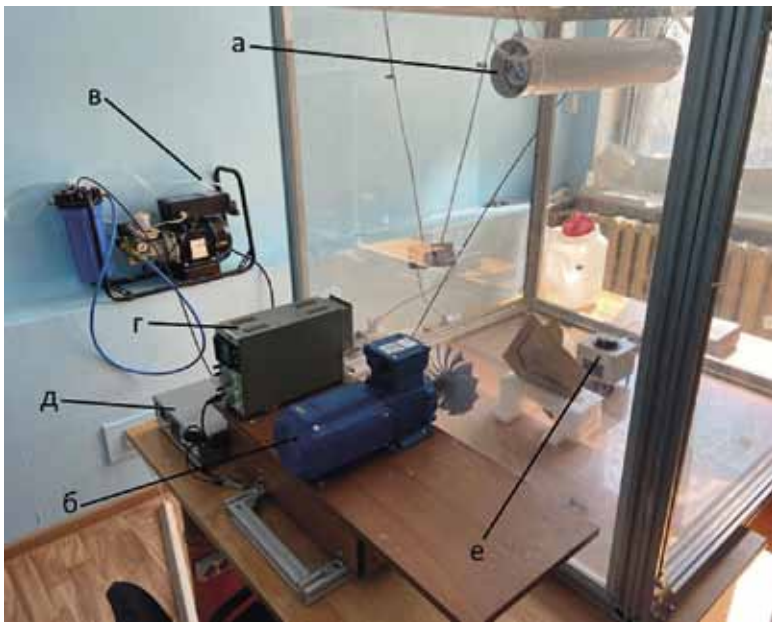


Рис. 1. Лабораторная установка по исследованию процессов подавления пыли: а – генератор пульсирующей вентиляции; б – асинхронный трехфазный электродвигатель с крыльчаткой; в – насосная станция с форсунками; г – осциллограф; д – частотный преобразователь; е – измеритель массовой концентрации аэрозольных частиц «АЭРОКОН-П»

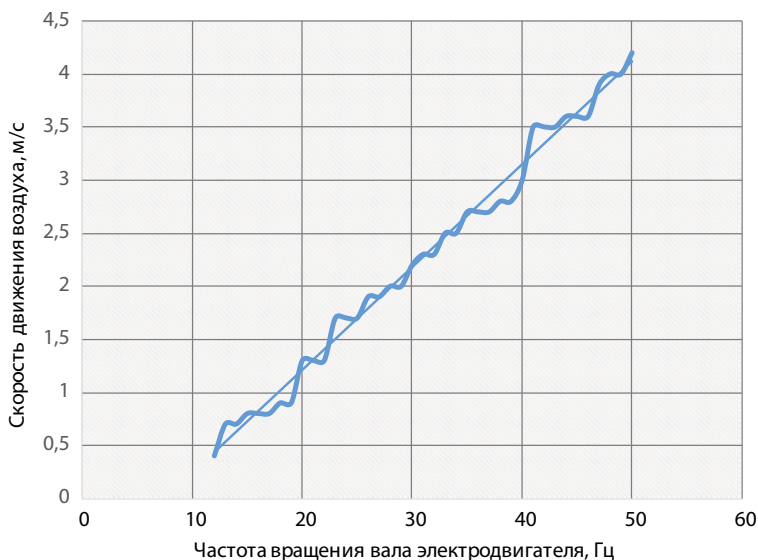


Рис. 2. График зависимости скорости движения воздуха от частоты вращения вала электродвигателя

– наработать значения скорости движения воздуха для диапазона частот 22–32 Гц и сравнить с расчетными значениями;

– если отличия между значениями минимальные (0,1–0,2 м/с), то данные, полученные от анемометра, достаточны, и метод интерполяции можно продолжить, если же нет – наработать еще 10 значений скоростей и повторить сравнение. Полученные данные были сформированы в табл. 1 и график зависимости (рис. 2).

При помощи графика зависимости скорости движения воздуха от частоты вращения вала электродвигателя

можно определить скорость вращения для частот, которые не указаны в таблице, или же определить частоту вращения по имеющейся скорости движения воздуха. Максимальная скорость движения воздуха, которую возможно получить внутри лабораторной установки, – 4,2 м/с.

Поскольку скорость движения воздуха, полученная в лабораторной установке, удовлетворяет максимальному значению скорости движения воздуха в шахте (основываясь на исследованиях пульсирующей вентиляции) и равна 3–4 м/с [12, 13, 14], данную лабораторную установку можно использовать в исследовании.

ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОСАЖДЕНИЮ ПЫЛИ

Ввиду того, что в работе применяются не только технологии, связанные с пылеосаждением, но и технологии, которые никогда не применялись для борьбы с пылью, эмпирические исследования будут разделены на этапы.

Моделирование запыленности определенной концентрации и определение скоростей движения воздуха, при которых будет осуществляться равномерное распределение пыли в коробе лабораторной установки

Для данного этапа эксперимента из подготовленной пробы пыли отбирают 10 навесок с диаметром частиц до 10 мкм и массой, равной 0,3 мг. Использование приведенной массы обусловлено значением ПДК (0,3 мг/м³) для неорганической пыли горнодобывающего производства. Полученную навеску распыляют, засыпая ее при помощи воронки, расположенной в верхней части бокса. Используя электродвигатель и крыльчатку, моделирующие скорость движения воздуха, подбираем необходимую скорость, основываясь на значениях концентрации пыли.

Подбор скорости начинается с 0,4 м/с. Значение концентрации замеряется в течение 5 мин (время выбрано согласно теории проведения экспериментов). Подбор скорости движения воздуха заканчивается, когда значение концентрации будет равно 0,3 мг/м³. Результаты записываются в протокол измерений. Пример протокола измерений приведен в табл. 2.

В указанном выше протоколе проведены исследования 10 скоростей движения воздуха. Поскольку значение концентраций пыли не выведено в требуемое значение – 0,3 мг/м³, эксперимент требуется продолжить. Требуется провести еще 10 измерений. Если значение концентрации по-прежнему будет меньше 0,3 мг/м³, то скорость движения воздуха увеличивается, пока искомое значение концентрации пыли не будет получено.

Таблица 1

Таблица соотношения частоты вращения двигателя со скоростью движения воздуха

Практические данные		Теоретические данные		Практические данные		Теоретические данные	
Частота (Гц)	Скорость движения воздуха (м/с)	Частота (Гц)	Скорость движения воздуха (м/с)	Частота (Гц)	Скорость движения воздуха (м/с)	Частота (Гц)	Скорость движения воздуха (м/с)
12	0,4	12	0,4	32	2,3	32	2,42
13	0,7	13	0,7	33	2,5	33	2,52
14	0,7	14	0,7	34	2,5	34	2,57
15	0,8	15	0,8	35	2,7	35	2,71
16	0,8	16	0,8	36	2,7	36	2,72
17	0,8	17	0,8	37	2,7	37	2,79
18	0,9	18	0,9	38	2,8	38	2,8
19	0,9	19	0,9	39	2,8	39	2,81
20	1,3	20	1,3	40	3	40	3,1
21	1,3	21	1,3	41	3,5	41	3,45
22	1,3	22	1,3	42	3,5	42	3,47
23	1,7	23	1,7	43	3,5	43	3,5
24	1,7	24	1,7	44	3,6	44	3,61
25	1,7	25	1,7	45	3,6	45	3,61
26	1,9	26	1,9	46	3,6	46	3,71
27	1,9	27	1,9	47	3,9	47	3,91
28	2	28	2,02	48	4	48	4,01
29	2	29	2,1	49	4	49	4,11
30	2,2	30	2,21	50	4,2	50	4,21
31	2,3	31	2,31	-	-	-	-

Таблица 2

Пример протокола измерений концентраций пыли при засыпке в короб 0,3 мг пыли

Номер измерения	Скорость движения воздуха, м/с	Время измерения, мин	Среднее значение концентрации, мг/м ³	Максимальное значение концентрации, мг/м ³
1	0,4	5	0,02	0,02
2	0,7	5	0,03	0,02
3	0,7	5	0,03	0,035
4	0,8	5	0,03	0,035
5	0,8	5	0,03	0,04
6	0,8	5	0,03	0,04
7	0,9	5	0,04	0,05
8	0,9	5	0,04	0,05
9	1,3	5	0,04	0,05
10	2,3	5	0,04	0,06

Таблица 3

Моделирование осаждения пыли определенной концентрации и подсчет времени осаждения этой пыли

После получения требуемого значения концентрации пыли в 1 м³ асинхронный двигатель выключается, и после полной остановки крыльчатки замеряется время осаждения пыли. Основным индикатором завершения эксперимента является значение концентрации пыли, уменьшенное в 10 раз (при достижении концентрации пыли, равной 0,03 мг/м³, эксперимент считается завершенным). Далее производится фиксирование времени осаждения и запись значения в протокол измерений. Пример такого протокола представлен табл. 3.

После определения времени осаждения пыли, концентрация которой равна значению ПДК, требуется определить время осаждения пыли при увеличенной

Пример протокола измерений времени осаждения пыли концентрацией 0,3 мг/м³

Номер измерения	Скорость взметывания, м/с	Значение концентрации, мг/м ³	Время осаждения, мин
1	3,9	0,3	15,5
2	3,9	0,3	16,4
3	3,9	0,3	14,9
...

концентрации исследуемой пыли. Эксперимент проводится с концентрацией пыли в воздухе лабораторной установки, увеличенной в 2, 3, 4, 5, 10, 15 и 20 раз согласно этапам 1 и 2.

После получения времени осаждения пыли для указанных выше концентраций производится интерполяция для поиска промежуточных показателей. Такой способ позво-

лит построить график зависимости времени осаждения пыли от ее концентрации и даст возможность наиболее точно определить время осаждения пыли в исследуемой зоне.

Основной задачей данного эксперимента является определение времени осаждения пыли в лабораторной установке объемом 1 м³ без использования перемешивания воздушным потоком (скорость воздуха в установке стремится к 0 м/с) различных концентраций пыли в диапазоне от ПДК – 20ПДК.

ВЫВОДЫ

Существенное повышение добычи угля, которое наблюдается в последние десятилетия в мировой практике, неизбежно попутно несет повышение пылевой нагрузки в зоне производства горных и сопутствующих им работ. Решение проблемы снижения пылевой нагрузки на фоне повышения показателей добычи остается острой актуальной научной задачей. Одним из перспективных научных направлений является повышение эффективности уже существующих способов и методов, поскольку они позволяют решать проблему с наименьшими материальными и временными ресурсами.

Разработка основ пылеподавления на базе перспективного метода пульсирующей вентиляции в совокупности с орошением позволит отчасти решить эту проблемы. На стадии предварительной оценки его эффективности следует провести лабораторные исследования. Элементы проработки программы и методики их проведения приведены в статье. Полученные результаты предстоящих лабораторных исследований должны позволить ответить на вопрос целесообразности предлагаемого метода повышения эффективности и степени повышения эффективности. Положительные результаты лабораторных изысканий позволят обосновать проведение работ в натуральных условиях и получить материал для разработки организационных и технических рекомендаций по повышению аэрологической безопасности угольных шахт [4, 15], а также повышению эффективности работы выемочных участков [16, 17].

На данном этапе исследования решены следующие задачи:

- разработана методика по проведению эксперимента по осаждению пыли горнодобывающего производства;
- разработан процесс определения скорости движения воздуха относительно частоты вращения вала электродвигателя;
- получена первичная информация о поведении пыли в лабораторной установке;
- определены этапы проведения эксперимента;
- будущие исследования будут направлены на оценку поведения пыли при воздействии на нее пульсирующей вентиляции, орошения и ультразвука (для увеличения эффективности коагуляции).

Список литературы

1. Prospects of safety control in combination of mining and metallurgy industries / A.E. Filin, O.M. Zinovieva, L.A. Kolesnikova et al. // Eurasian Mining. 2018. No 1. P. 31-34.
2. Архипов И.А., Филин А.Э. Анализ состояния аварийности на угольных предприятиях России // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 1. С. 208-215.
3. Анализ причин взрывов, вспышек и воспламенений метана в угольных шахтах России в 2005-2019 гг. / Е.И. Кабанов, Г.И. Коршунов, А.В. Корнев и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 2-1. С. 18-29.
4. Развитие пульсирующей вентиляции в горном производстве / А.Э. Филин, Т.И. Овчинникова, О.М. Зиновьева и др. // Горный журнал. 2020. № 3. С. 67-71.
5. Баловцев С.В., Скопинцева О.В. Оценка влияния повторно используемых выработок на аэрологические риски на угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 2-1. С. 40-53.
6. Баловцев С.В. Оценка аэрологического риска аварий на выемочных участках угольных шахт, опасных по взрывам газа и пыли // Горный журнал. 2015. № 5. С. 91-93.
7. Обоснование рациональных параметров обеспыливающей обработки угольного массива в шахтах / О.В. Скопинцева, А.С. Вертинский, С.В. Иляхин и др. // Горный журнал. 2014. № 5. С. 17-20.
8. Оценка прогнозной запыленности в забоях угольных шахт с учетом особенностей смачиваемости угольной пыли / А.В. Корнев, Н.В. Ледяев, Е.И. Кабанов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 6-2. С. 115-134.
9. Разработка методики измерений гранулометрического состава угольной пыли методом лазерной дифракции / В.А. Красилова, С.А. Эпштейн, Е.Л. Коссович и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 2. С. 5-16.
10. Analysis of methane and dust explosions in modern coal mines in Russia / V.V. Smirnyakov, V.V. Smirnyakova, D.S. Pekarchuk et al. // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2019. Vol. 10. P. 1917-1929.
11. Analysis of the fractional composition of coal dust and its effect on the explosion hazard of the air in coal mines / V. Rodionov, M. Tumanov, I. Skripnik et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 981(3).
12. Numerical simulation study on dust pollution characteristics and optimal dust control air flow rates during coal mine production / Xiu Zihao, Nie Wen, Yan Jiayi et al. // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 248. 119197.
13. Experimental research of particle size and size dispersity on the explosibility characteristics of coal dust / Q. Li, K. Wang, Y. Zheng et al. // Powder Technology. 2016. Vol. 292. P. 290-297.
14. Kornev A.V., Korshunov G.I., Kudelas D. Reduction of dust in the longwall faces of coal mines: Problems and perspective solutions // Acta Montanistica Slovaca. 2021. Vol. 26. P. 84-97.
15. Баловцев С.В., Скопинцева О.В., Куликова Е.Ю. Иерархическая структура аэрологических рисков в угольных шахтах // Устойчивое развитие горных территорий. 2022. Т. 14. № 2. С. 276-285.
16. Резервы повышения эффективности работы выемочных участков угольных шахт / К.Н. Копылов, С.С. Кубрин, И.М. Загоршменный и др. // Уголь. 2019. № 3. С. 46-49. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-46-49.
17. Имитационное моделирование режимов работы оборудования комплексно-механизированного забоя угольной шахты / С.С. Кубрин, С.Н. Решетняк, И.М. Загоршменный и др. // Устойчивое развитие горных территорий. 2022. Т. 14. № 2. С. 286-294.

Original Paper

UDC 622.411.5 © A.E. Filin, I.Yu. Kurnosov, L.A. Kolesnikova, T.I. Ovchinnikova, A.S. Kolesnikov, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 67-72
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-67-72>

Title**DESCRIPTION OF THE METHODOLOGY FOR CONDUCTING AN EXPERIMENT ON DUST DEPOSITION OF MINING AND METALLURGICAL PRODUCTION****Authors**

Filin A.E.¹, Kurnosov I.Yu.¹, Kolesnikova L.A.^{1,2}, Ovchinnikova T.I.¹, Kolesnikov A.S.³

¹ National University of Science and Technology "MISIS" (NUST "MISIS"), Moscow, 119049, Russian Federation

² Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, 117997, Russian Federation

³ Mukhtar Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, 160012, Republic of Kazakhstan

Authors information

Filin A.E., Doctor of Engineering Science, Professor, e-mail: aleks_filin@bk.ru

Kurnosov I.Yu., Assistant, e-mail: kurnosovilya@yandex.ru

Kolesnikova L.A., PhD (Economic), Associate Professor, e-mail: luzu@yandex.ru

Ovchinnikova T.I., Doctor of Engineering Science, Professor, e-mail: ovchinnikova_ti@mail.ru

Kolesnikov A.S., PhD (Engineering), Professor, e-mail: kas164@yandex.kz

Abstract

In modern mining operations, there are various ways to reduce dust concentrations in one volume or another. Usually it is necessary to dedust mine workings, warehouses, technological rooms with high-precision equipment and many others. But not infrequently one has to face with the impossibility to carry out work on reduction of dust concentration because of technological costs. Therefore, the study of mass transfer processes, development of measures and facilities to control dust concentration is relevant in today's technological society.

At the beginning of the study of dust mass transfer processes in a mining enterprise it was required not only to make theoretical calculations, but also to obtain empirical values and indicators. Since these studies are based on experimental values, the methodology of these experiments was developed.

The methodology described in this paper is based on studies of pulsatile aerosol ventilation, dust aeration and the methodology of the experiments. According to this methodology it is planned to conduct experiments on dust deposition of different concentrations in order to obtain the values of the deposition time of this dust. The results obtained by this technique will be used in further experiments on dust deposition, as the basic parameters of the dusty environment.

Keywords

Dust, Technique, Experiment, Dust pollution, Mass transfer, Dust deposition, Sample preparation, Dust grinding, Dust deposition time, Dust concentration.

References

1. Filin A.E., Zinovieva O.M., Kolesnikova L.A. & Merkulova A.M. Prospects of safety control in combination of mining and metallurgy industries. *Eurasian Mining*, 2018, (1), pp. 31-34.
2. Arhipov I.A. & Filin A.E. Accident rate analysis in coal mines in Russia. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2019, (1), pp. 208-205. (In Russ).
3. Kabanov E.I., Korshunov G.I., Kornev A.V. & Myakov V.V. Analysis of the causes of methane explosions, flashes and ignitions at coal mines of Russia in 2005-2019. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2021, (2-1), pp. 18-29. (In Russ).
4. Filin A.E., Ovchinnikova T.I., Zinovieva O.M. & Merkulova A.M. Advance of pulsating ventilation in mining. *Gornyi Zhurnal*, 2020, (3), pp. 67-71. (In Russ).
5. Balovtsev S.V. & Skopintseva O.V. Assessment of the influence of returned mines on aerological risks at coal mines. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2021, (2-1), pp. 40-53. (In Russ).

6. Balovtsev S.V. Aerological risk assessment in working areas of gas and dust explosion-hazardous coal mines. *Gornyi Zhurnal*, 2015, (5), pp. 91-93. (In Russ).

7. Skopintseva O.V., Vertinskiy A.S., Ilyakhin S.V., Savelev D.I. & Prokopovich A.Yu. Substantiation of efficient parameters of dust-controlling processing of coal mass in mines. *Gornyi Zhurnal*, 2014, (5), pp. 17-20. (In Russ).

8. Kornev A.V., Ledyayev N.V., Kabanov E.I. & Korneva M.V. Estimation of predictive dust content in the faces of coal mines taking into account the peculiarities of the wettability of coal dust. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2022, (6-2), pp. 115-134. (In Russ).

9. Krasilova V.A., Epshtein S.A., Kossovich E.L., Kozyrev M.M. & Ionin A.A. Development of method for coal dust particle size distribution characterization by laser diffraction. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2022, (2), pp. 5-16. (In Russ).

10. Smirnyakov V.V., Smirnyakova V.V., Pekarchuk D.S. & Orlov F.A. Analysis of methane and dust explosions in modern coal mines in Russia. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 2019, (10), pp. 1917-1929.

11. Rodionov V., Tumanov M., Skripnik I., Kaverzneva T. & Pshenichnaya C. Analysis of the fractional composition of coal dust and its effect on the explosion hazard of the air in coal mines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, 981(3).

12. Zihao Xiu, Wen Nie, Jiayi Yan, Dawei Chen, Peng Cai, Qiang Liu, Tao Du & Bo Yang. Numerical simulation study on dust pollution characteristics and optimal dust control air flow rates during coal mine production. *Journal of Cleaner Production*, 2020, (248), 119197.

13. Li Q., Wang K., Zheng Y., Ruan M., Mei X. & Lin B. Experimental research of particle size and size dispersity on the explosibility characteristics of coal dust. *Powder Technology*, 2016, (292), pp. 290-297.

14. Kornev A.V., Korshunov G.I. & Kudelas D. Reduction of dust in the longwall faces of coal mines: Problems and perspective solutions. *Acta Montanistica Slovaca*, 2021, (26), pp. 84-97.

15. Balovtsev S.V., Skopintseva O.V. & Kulikova E.Yu. Hierarchical structure of aerological risks in coal mines. *Ustojchivoe razvitie gornykh territorij*, 2022, (14), pp. 276-285. (In Russ).

16. Kopylov K.N., Kubrin S.S., Zakorshmenniy I.M. & Reshetniak S.N. Reserves of increase of efficiency of coal extraction sections of coal mines. *Ugol'*, 2019, (3), pp. 46-49. (In Russ). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-46-49.

17. Kubrin S.S., Reshetnyak S.N., Zakorshmenniy I.M. & Karpenko S.M. Simulation modeling of equipment operating modes of complex mechanized coal mine face. *Ustojchivoe razvitie gornykh territorij*, 2022, (14), pp. 286-294. (In Russ).

For citation

Filin A.E., Kurnosov I.Yu., Kolesnikova L.A., Ovchinnikova T.I. & Kolesnikov A.S. Description of the methodology for conducting an experiment on dust deposition of mining and metallurgical production. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 67-72. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-67-72.

Paper info

Received June 29, 2022

Reviewed July 20, 2022

Accepted August 25, 2022