

Е.Л. Закутский**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ПЫЛЕВОГО МОНИТОРИНГА В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ**

Проведен анализ текущего положения предприятий угледобывающей отрасли в отношении пылевого контроля, а также оценкам перспектив внедрения результатов реализации комплексного подхода к решению задачи пылевого мониторинга, разработанного специалистами института ИПКОН РАН. На основе анализа статистических данных об авариях, произошедших в последнее время на угольных шахтах России и ближнего зарубежья, а также анализа технических данных и характеристик способов и средств пылевого контроля, применяемых в настоящее время на предприятиях горнодобывающего комплекса, сделан вывод о неудовлетворительном состоянии пылевого контроля как в техническом плане, так и в отношении методического обеспечения. Приведены технические решения, ставшие результатом реализации ряда научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проведенных в ИПКОН РАН, дано обоснование выбора гравитационного и радиоизотопного методов, в качестве методов оценки поверхностной плотности отложившейся пыли, приведены краткие технические характеристики разработанных приборов мониторинга пылевзрывобезопасности и средств санитарно-гигиенического мониторинга. Перечислен ряд перспективных мероприятий направленных на решение задачи разработки и внедрения методического обеспечения приборов пылевого контроля.

Ключевые слова: пылевзрывобезопасность, санитарно-гигиенический мониторинг, угольная пыль, гравитационный метод, радиоизотопный метод, приборы пылевого контроля, аспиратор.

В последние годы происходит интенсификация горных работ, внедряется высокопроизводительная техника, нагрузки на очистные и проходческие участки возросли в несколько раз. Соответственно, в ходе интенсивного техногенного разрушения массива горных пород значительно возрос объем образующейся мелкодисперсной составляющей результата разрушения, переходящей в аэрозоль. При производстве горных работ подземным способом и в глубоких карьерах производится принудительное проветривание горных выработок. Выделившаяся в ходе взрывных работ или механического воздействия на массив горных пород пыль перемещается вместе со струей воздуха. По мере удаления от источника образования (работающей горной машины, дробил-

ки, очага взрыва) и снижении скорости воздуха крупные фракции аэрозоля осаждаются на стенках, подошве горных выработок, конструкциях сооружений и помещений, оборудовании и горных машинах. Такие пылевые отложения – пылевые осадки, представляют опасность как горючий и взрывчатый материал. Они влияют на промышленную безопасность. Ударная волна, возникшая в горных выработках при посадке кровли, обрушении породы, вспышке метановоздушной смеси, поднимает со стен выработок осевшую пыль. Взвешенная в рудничной атмосфере угольная пыль при появлении инициатора (искры, открытого огня, вспышки метана), приводит к объемному взрыву огромной разрушительной силы с катастрофическими последствиями.

Анализ аварийности показал, что все аварии, произошедшие на угольных шахтах (им. Шевякова 01.12.92, погибло 25 чел.; Первомайская 04.09.95, погибло 15 чел.; Зырянская 02.12.97, погибли 67 чел.; Тайжина 10.04.04, погибло 47 чел.; Есаульская 09.02.05, погибло 25 чел.; Ульяновская 19.03.05, погибло 110 чел.; Юбилейная 24.05.07, погибло 39 чел.; Распадская 8–9.05.10, погибло 91 чел.), вследствие взрывов метана и угольной пыли являются катастрофами. Взвешенная в атмосфере пыль представляет собой опасность также и для жизнедеятельности человека. Она затрудняет дыхание, осаждаясь в легких вызывает хронические заболевания дыхательных путей, снижает видимость, производительность труда, ухудшает условия работы. Профессиональные заболевания шахтеров – силикоз, антракоз, пылевой бронхит (пневмоконииозы от лат. *pneumon* – легкие, *conia* – пыль) происходят вследствие осаждения пылевых частиц в легких. Организм не дополучает кислород, появляется одышка, со временем это приводит к летальному исходу. Основными способами борьбы с развитием пневмоконииоза у горных рабочих является профилактика, т.е. связывание пыли в месте ее образования орошением, увлажнение массива горных пород и рабочих органов горных машин, рациональные режимы проветривания, индивидуальные средства защиты и контроль индивидуальных пылевых нагрузок. Разработаны и применяются мероприятия по обеспечению пылевзрывобезопасности в горных выработках угольных шахт. При планировании и осуществлении подобных мероприятий необходимы достоверные данные замеров характеристик аэрозоля в рудничной атмосфере и параметров пылевого осадка на стенках горных выработок с целью определения взрывобезопасного состояния. Для этого существует пылевой контроль.

Пылевой контроль на предприятиях горнодобывающего комплекса преследует:

- контроль пылевзрывоопасного состояния среды из-за взвешенной пыли в атмосфере и отложившейся пыли на стенках, почве, конструкциях, оборудовании в горных выработках угольных шахт;
- оценку санитарно-гигиенических условий труда.

Текущее положение предприятий угольной промышленности в части обеспечения безопасности горных работ характеризуется неудовлетворительным состоянием приборного обеспечения пылевого контроля и методики оценки пылевого фактора [1].

В настоящее время контроль запыленности атмосферы осуществляется морально устаревшими приборами – аспираторами АЭРА массой 7 кг. Результат измерений получается в лаборатории после обработки пылевых проб спустя несколько часов. Во Франции разработан портативный малогабаритный современный прибор СІР-10. Но результат определения концентрации пыли также получается после обработки проб в лаборатории. Разработаны и используются приборы косвенного измерения концентрации пыли на месте: оптические, депреометрические и другие, которые обладают неприемлемой методической погрешностью (до 60% и более) при измерении концентрации всей витающей пыли.

Контроль пылевзрывоопасного состояния выработок и помещений осуществляется по пылеотложению на подложках с последующим взвешиванием в лабораторных условиях или по сдуванию пыли с поверхности осаждения [6]. Первый способ неоперативный, и нуждается в автоматизации. В отсутствие таковой, в условиях высокопроизводительной выемки угля он не может гарантировать своевре-



Рис. 1. Технические средства контроля пылевзрывобезопасности горных выработок угольных шахт

менного определения взрывоопасного пылеотложения. Второй способ качественный и не дает объективной оценки взрывобезопасного состояния выработки или помещения.

Специалистами института ИПКОН РАН был проведен ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ [1, 2, 3, 4, 5, 7] направленных на реализацию комплексного подхода к решению задач пылевого мониторинга в горных выработках угольных шахт. В результате такого подхода были разработаны аппаратные и программные средства, включенные в состав автоматизированной системы поддержки принятия решений и комплексного мониторинга, в качестве од-

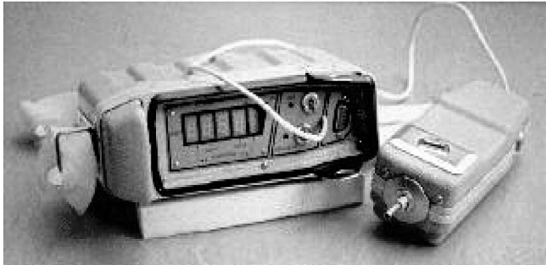
ной из подсистем, и обеспечивающие двухфакторный пылевой мониторинг горных выработок. В качестве аппаратных средств обеспечивающих контроль пылевзрывобезопасности горных выработок, были разработаны радиоизотопный датчик пылеотложения РДП-1 и датчик интенсивности пылеотложения ДИП-1. Общий вид приборов представлен на рис. 1, а и 1, б соответственно. Оба прибора обеспечивают выполнение следующих функций:

- измерение поверхностной плотности пыли, отложившейся на приемной платформе датчика;
- непрерывная передача результатов измерений на верхний уровень автоматизированной системы поддер-

Технические характеристики приборов ДИП-1 и РДП-1

Наименование прибора	ДИП-1	РДП-1
Метод измерения	гравитационный	радиоизотопный
Напряжение питания, В	9–15	9–15
Потребляемый ток, не более, мА	200	50
Диапазон измерения поверхностной плотности пыли, г/м ²	5–100	0,1–100
Предел допускаемой относительной погрешности, %	20	25
Выходной сигнал	аналоговый (0,4–2) В цифровой RS485(MODBUS)	цифровой RS485(MODBUS)
Масса, кг	1,2	0,5
Габаритные размеры, мм	220×140×70	155×100×30

а)



б)



Рис. 2. Технические средства пылевого контроля санитарно-гигиенических условий труда

ки принятия решений и комплексного мониторинга:

- выдача в систему принятия решений аварийных сигналов, при обнаружении взрывоопасных величин поверхностной плотности отложившейся пыли.

Гравитационный метод контроля пылеотложения в горных выработках, основан на измерении массы пыли, отложившейся на единицу поверхности при помощи автоматических электронных микровесов [1]. Радиоизотопный метод основан на поглощении излучения массой пылевого осадка на фильтре [2]. Выбор радиоизотопного и гравитационного методов обусловлен тем фактом, что они являются прямыми [1, 2] методами измерения поверхностной плотности отложившейся пыли, и соответственно обладают меньшей методической погрешностью по сравнению с косвенными методами.

Разработки ИПКОН РАН в области пылевого контроля, направленного на обеспечение объективной оценки санитарно-гигиенических условий труда, представлены приборами ИКАР ФБ-01 и ПП-2Ум, общий вид которых приведен на рис. 2, а и 2, б соответственно.

Прибор санитарно-гигиенического и экологического контроля запыленности воздуха – Икар ФБ-01 является портативным средством для определения массовой концентрации пыли на

рабочем месте и при экологическом контроле загрязнения атмосферы аэрозолями. Принцип его работы основан на поглощении мягкого бета-излучения (источник углерод-14) пылевыми частицами, осажденными из воздуха на высокоэффективной фильтрующей ленте. Операции по измерению концентрации пыли полностью автоматизированы. Питание прибора автономное. Время непрерывной работы от комплекта заряженных аккумуляторов – 4 часа. Прибор обеспечивает измерение концентрации пыли всех размеров (общей массы) и концентрации пыли менее 5 мкм при подсоединении циклончика-пылеотделителя. Показания прибора не зависят от крупности пыли и ее вещественного состава.

Аспиратор-пылепробоотборник ПП-2ум осуществляет измерение приведенного к нормальным условиям объема прокачанного воздуха и массы пыли на фильтре пробоотборника. Отличительными особенностями прибора являются:

- высокая точность отбора объема воздуха;
- индикация массы пыли на фильтре и концентрации пыли;
- наличие таймера для отбора проб пыли за заданное время;
- автоматическое прекращение отбора пробы в случае прорыва фильтра и перегрузки фильтра пылью;

- возможность прерывать отбор пробы и возобновлять его с сохранением ранее полученных данных;

- возможность вводить поправочные коэффициенты в электронно-измерительную схему для уточнения индикации концентрации пыли в заданных пунктах.

По своим метрологическим характеристикам ПП-2Ум отвечает требованиям ГОСТ Р 55175-2012 «Атмосфера рудничная. Методы контроля запыленности», ГОСТ Р 54578-2011 «Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия» и методическим указаниям МУК 4.1.2468-09: «Измерение массовой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горно-рудной и нерудной промышленности». Аспиратор аттестован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии как средство измерения.

Описанные выше технические решения являются результатом реализа-

ции комплексного подхода к решению задачи пылевого мониторинга в части приборного обеспечения, однако перспективной задачей является разработка и внедрение методик применения данных технических средств. Для решения этой задачи необходимо:

- провести шахтные испытания всех технических средств в составе автоматизированной системы поддержки принятия решений и комплексного мониторинга;

- верифицировать методики, оценки пылевзрывобезопасности, описанные в [1];

- разработать регламенты применения технических средств пылевого мониторинга в горных выработках угольных шахт.

Успешное выполнение данных мероприятий позволит организовать непрерывный автоматизированный контроль пылевого фактора на предприятиях горнодобывающего комплекса.

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Закутский Евгений Леонидович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: zakutskii@mail.ru, ИПКОН РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закутский Е.Л. Разработка метода дистанционного контроля интенсивности пылеотложения в горных выработках угольных шахт. Автореферат канд. тех. наук. – М., 2011. – 23 с.

2. Кудряшев В.В., Воронина Л.Д., Шуринова М.К. Смачивание пыли и контроль запыленности воздуха. – М.: Наука, 1979, 196 с.

3. Кудряшов В.В. Тенденция развития пылеизмерительных приборов // Горный информационно-аналитический бюллетень. Труды международного симпозиума «Неделя горняка-2013». ОВ 1. – 2013. – С. 512–535.

4. Кудряшов В.В. О непрерывном контроле пылеотложения в горных выработках // Горный информационно-аналитический бюл-

летень. ОВ 12. Аэрология. – 2007. – С. 245–255.

5. Кудряшов В.В., Еловская Л.Т. Обоснование требований к методам и средствам измерения запыленности воздуха при гигиеническом контроле условий труда // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ 7. Аэрология, метан, безопасность. – 2011. – С. 272–286.

6. Правила безопасности в угольных шахтах. ПБ 05-618-03. – М.: ООО «НТЦ Промышленная безопасность», 2009.

7. Кубрин С.С., Поздняков Г.А., Закутский Е.Л. Патент 2358256 Россия, МПК G01 № 5/00. Датчик контроля интенсивности накопления пыли; Оpubл. 10.06.09, Бюл. № 16. **ПАТ**

PROBLEMS AND PROSPECTS OF DUST MONITORING IN COAL MINES

Zakutskiy E.L., Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher,
e-mail: zakutskii@mail.ru,
Institute of Problems of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
of Russian Academy of Sciences, 111020, Moscow, Russia.

The article analyzes the current situation of the enterprises of the coal industry against dust monitoring, as well as the prospects for implementation of a complex approach to the problem of coal dust monitoring, developed by specialists of the Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences. Based on the analysis of statistical data of accidents that have occurred recently in coal mines in Russia and abroad, as well as analysis of technical data and characteristics of the method and devices of coal dust control, currently used at the enterprises of mining complex, has been made a conclusion about poor condition of coal dust control as in technical and methodological support. The article describes technical solutions, resulting from the implementation of a number of research and development works, the substantiation of the choice of the gravitational and radioisotope methods, as methods of evaluating the surface density of deposited dust, a brief technical characteristics of the explosion protection devices and the sanitation control devices. In the final part of the article there is a listing of potential actions aimed at solving the problem of development and implementation of methodological support of coal dust control devices.

Key words: dust explosion safety, sanitary-hygienic monitoring, coal dust, gravitational method, radioisotope method, dust control devices, aspirator.

REFERENCES

1. Zakutskiy E.L. *Razrabotka metoda distantsionnogo kontrolya intensivnosti pyleotlozheniya v gornykh vyrobokakh ugol'nykh shakht* (Development of a method for remote control of the intensity of dust deposits in mines coal mines), Candidate's thesis, Moscow, 2011, 23 p.
2. Kudryashev V.V., Voronina L.D., Shurinova M.K. *Smachivanie pyli i kontrol' zapylennosti vozdukh* (Wetting the dust and dust control in coal mines). Moscow, Nauka, 1979, 196 p.
3. Kudryashov V.V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 1. *Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma «Nedelya gornyaka-2013»*. 2013, pp. 512–535.
4. Kudryashov V.V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 12. *Aerologiya*. 2007, pp. 245–255.
5. Kudryashov V.V., Elovskaya L.T. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 7. *Aerologiya, metan, bezopasnost'*. 2011, pp. 272–286.
6. *Pravila bezopasnosti v ugol'nykh shakhtakh. PB 05-618-03* (Safety rules in coal mines. PB 05-618-03), Moscow, OOO «NTTs Promyshlennaya bezopasnost'», 2009.
7. Kubrin S.S., Pozdnyakov G.A., Zakutskiy E.L. *Patent RU 2358256*, 10.06.09.



Ошибки проектировщиков часто кончаются трагедиями. Инженера можно простить, но забывать о сделанных им ошибках опасно.