

В.В. Дегтерев

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЗАПЫЛЕННОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Рассмотрены актуальные вопросы мониторинга шахтной запыленности. Приводятся варианты аппаратных и организационных решений по контролю пылевых отложений. Описываются разработанные в ИПКОН РАН приборы для определения массы отложившейся пыли, а также методы контроля за распределением пылевого осадка. Показаны методы распределенного сбора и обработки накопленных данных. Рассмотрены алгоритмы и аппаратные решения по обеспечению высоконадежной беспроводной передачи полученных в процессе мониторинга данных в сложной помеховой обстановке горных выработок.

Ключевые слова: пылевзрывобезопасность, контроль пылевых отложений, измерение массовой плотности пыли, распределенный мониторинг, радиоизотопный метод измерения, беспроводная передача данных, сверхширокополосные методы передачи данных.

При добыче полезных ископаемых подземным способом применяются различные методы разрушения массива горных пород. Наиболее часто используются механический и взрывной способы. В процессе производимой этими способами дезинтеграции и дробления породы образуются как товарные куски, которые затем направляются на хранение, переработку или используются в качестве топлива, так и аэрозоль из взвешенных в атмосфере рудника частиц породы с размерами от нескольких нанометров до сотых или даже десятых долей миллиметра.

В процессе использования или переработки товарные куски породы также механически измельчаются. При измельчении породы вновь образуются различные аэрозоли, которые условно можно поделить по размеру взвешенных частиц на дым — аэрозоль с частицами размером менее десятой доли микрона, пыль — аэрозоль с частицами размером от долей микрона до десятых долей миллиметра и аэрозоль с более крупными части-

цами. Под действием гравитационной силы и центробежных сил, возникающих в воздушных турбулентностях, аэрозоли через какое-то время осаждаются на близлежащие к источнику аэрозолей поверхности, включая поверхность стен горных выработок, подстилающую поверхность и поверхности служебных помещений. Тем не менее, в рудничных вентиляционных системах при больших скоростях движения воздушного потока за счет существенных турбулентностей процесс осаждения пыли с частицами размерами менее 70 микрон, а особенно – менее 10 микрон, может занимать продолжительное время.

Концентрация осажденных частиц аэрозоли падает по мере удаления от места образования. Подобные отложения, или пылевые осадки, представляют непосредственную опасность как материал, который может при определенных условиях вспыхнуть или взорваться. Ударная волна, возникшая в шахте при обрушении породы или посадке кровли, а также при вспышке метановоздушной смеси, поднимает пылевой осадок в воздух. При этом масса взвешенной угольной пыли может быть достаточной, чтобы от любого инициатора горения (искры, пламени, высокой температуры) произошел мощный объемный взрыв. Помимо угольной пыли взрываться могут и другие аэрозоли, образованные такими порошкообразными веществами, как мука, чай, бумага, сахар, различные органические вещества и минеральные удобрения. Таким образом, вопрос пылевзрывозащиты встает не только для предприятий, связанных с добычей и переработкой угля, но и для предприятий других отраслей промышленности.

Кроме того, взвешенная в атмосфере пыль опасна для человека и машин. У рабочих она затрудняет дыхание и осаждается в легких, вызывая тяжелые хронические заболевания дыхательных путей. Попадая в движущиеся части машин и механизмов, она вызывает повышенный износ и приводит к стохастическим отказам горного оборудования.

Существуют различные мероприятия по борьбе с пылевыми отложениями и обеспечению пылевзрывобезопасности. Однако при планировании и осуществлении таких мероприятий требуются достоверные сведения о значениях характеристик рудничного аэрозоля и пылевого осадка, которые позволяют судить о степени их взрывоопасного состояния. С этой целью осуществляют пылевой контроль различными методами.

В Институте проблем комплексного освоения недр РАН проведен комплекс научных исследований по разработке основных

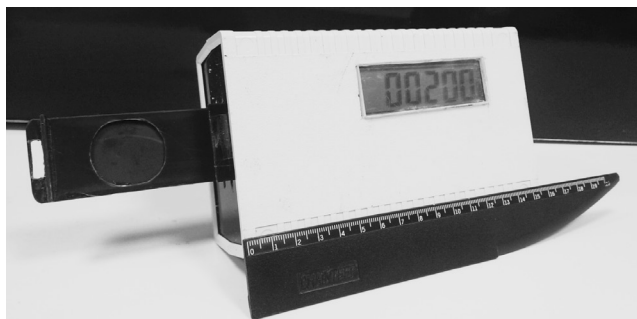


Рис. 1. Внешний вид прибора определения массы пылеотложений РДП-1

решений пылевого контроля и создан опытный образец прибора для определения взрывоопасного пылеотложения в горных выработках и помещениях горных предприятий, обогатительных фабрик. Прибор основан на прямом рассеянии мягкого бета-излучения (не представляющего опасности для человека и окружающей среды) пылевыми частицами, осевшими на фильтре.

Данный прибор, РДП-1 (рис. 1), позволяет с достаточной точностью определить массу пылевых отложений и полностью соответствует ГОСТ Р 54578-2011 по погрешности измерений и ГОСТ Р 55175-2012 по точности измерений.

При массе 0,3 кг и незначительных габаритах прибор обладает возможностью автоматического периодического измерения массы пылеотложений и передачи данных по интерфейсу RS-485 на верхний уровень для анализа с помощью специализированного программного обеспечения.

В состав прибора входят:

- радиоизотопный источник мягкого бета-излучения с активностью 50...100 кБк;
- приемник-счетчик излучения;
- ювета для измерения пылевого осадка с приводным механизмом;
- жидкокристаллический индикатор измеренной массы отложений;
- высокоинтегрированный микроконтроллер.

В качестве источника бета-излучения использована изотопная смесь C12+C14 с требуемой активностью. Оба изотопа в разных пропорциях входят в состав тканей человека, животных и растений. Активность смеси не превышает допустимых норм, а пробег мягкого бета-излучения в воздухе (без учета экранирования источника) составляет не более 30 см. При этом исполь-

зованный источник не обладает дополнительной альфа- или гамма-активностью.

Внешний вид разработанного источника показан на рис. 2.

График зависимости скорости счета прибора от мощности экспозиционной дозы приведен на рис. 3.

Для детектирования излучения применяется фотодиодный детектор оригинальной конструкции, состоящий из пар фотодиодов с большой площадью р-п-перехода. Каждая пара фотодиодов имеет свой усилитель, формирующий на выходе импульсы. Эти импульсы уже поступают на вход компаратора-селектора микроконтроллера, осуществляющего выбор и счет импульсов. Также микроконтроллер отображает информацию о рассчитанной массе пылевого осадка и управляет кареткой пылевой кюветы. На рис. 4 показан один из вариантов реализации канала счета.

Используя современную элементную базу, удалось получить скорость счета по каждому каналу до 120 000 импульсов в секунду.

Поскольку прогнозировать перемещение пыли по шахте или помещению не представляется возможным из-за случайного характера воздушных потоков, предлагается размесить в шахте

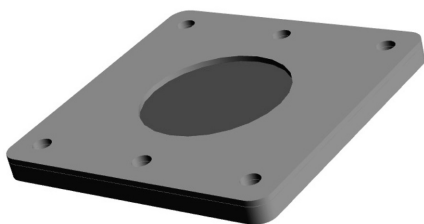


Рис. 2. Внешний вид 3D-модели разработанного источника

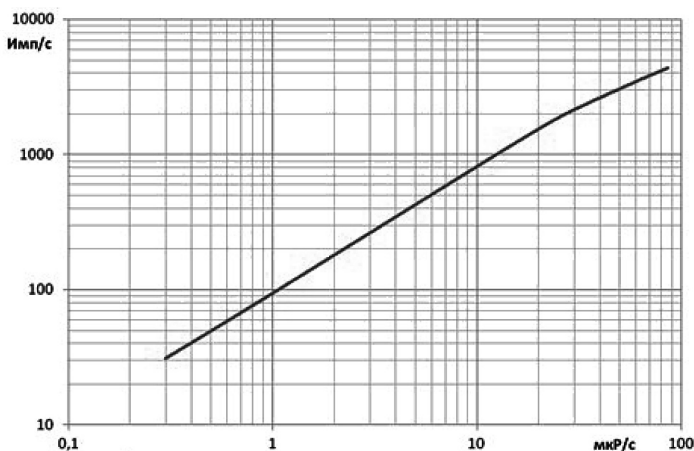


Рис. 3. Зависимость скорости счета прибора от мощности экспозиционной дозы

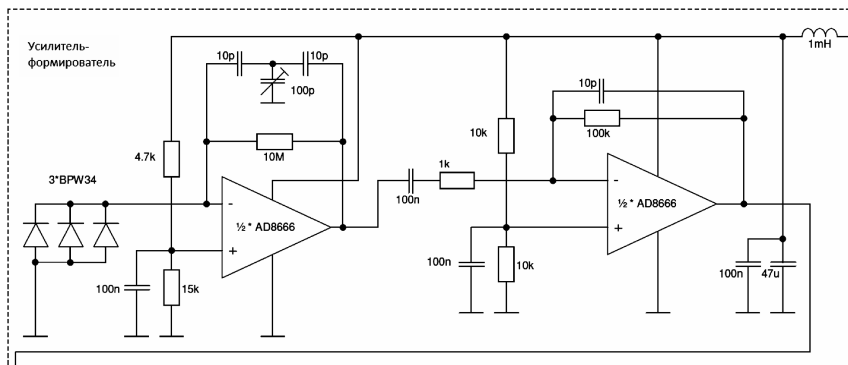


Рис. 4. Схема усилителя одного из каналов счета

сеть из приборов, аналогичных РДП-1, но оснащенных радиоинтерфейсом передачи данных.

Поскольку прибор включается только на время измерения, он может длительное время работать от одного комплекта батарей. Ориентировочное время автономной работы прибора – 2 года. Через этот промежуток времени требуется заменить элементы питания.

Будучи объединены в единую сеть, приборы будут передавать данные о пылеотложениях по цепочке, от одного прибора к другому. Так можно при сравнительно небольших мощностях радиопередатчиков (десятки милливатт) обеспечить передачу данных в систему сбора и анализа данных.

Расположив приборы вдоль выработки на расстоянии 30...50 м друг от друга, можно не только построить кривую распределения пылевых осадков по всей шахте, но и сделать прогноз взрывоопасности данных отложений, а также дать рекомендации по проведению пылезащитных мероприятий.

Имеющиеся данные по распространению радиосигналов вдоль шахтных выработок позволяют выбрать оптимальную систему для передачи данных – это частотно-модулированный сверхширокополосный сигнал в диапазоне частот от 130 до 920 МГц. Для расширения спектра сигнала используется дополнительная частотная манипуляция несущей частоты с интервалом манипуляции 2...5 мкс, а расширяющая последовательность – это псевдослучайная последовательность Хаффмана с базой 264.

Такое расширение спектра сигнала за счет добавления заранее известного кода позволяет не только снизить нагрузку

на конкретный диапазон спектра (спектр сигнала получается «размазанным» по широкому диапазону, шумоподобным), но и обеспечить высокую помехоустойчивость системы передачи данных. При математическом моделировании описанной системы передачи данных получена теоретическая помехозащищенность системы, позволяющая работать в условиях, когда отношение сигнал/шум не превышает 0,03, т.е. шум на приемной стороне превышает уровень сигнала в 30 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Colinet J. F.* Chp. 2 – Sampling to Quantify Respirable Dust Generation, Best Practices for Dust Control in Coal Mining, CDC/NIOSH Information Circular IC 9517, Jan. 2010, pp. 11–12.

2. *Jiangnan Wang, Yun Gao.* Development of coal mine downhole high-pressure dust reduction and water supply system monitor device. Electronics, Communications and Control (ICECC) International Conference, 2011, pp. 2032–2034.

3. *McGlynn J.* Guidelines to the mining, rehabilitation and environmental management process, NSW Department of Primary Industries (Mineral Resources), NSW, 2006, p. 30.

4. *Vincent J. H.* Aerosol sampling: science, standards, Instrumentation and applications. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Ltd., 2007.

5. *Volkwein J. C., Vinson R. P., McWilliams L. J., Tuchman D. P., Mischler S. E.* Performance of a New Personal Respirable Dust Monitor for Mine Use, CDC/NIOSH Report of Investigations 9663, Jun 2004, pp. 3–4.

6. *Федунец Н. И., Кубрин С. С.* Основные направления развития новых информационных технологий на угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ10. Информатизация и управление – 1. – 2008. – С. 21–29.

7. *Федунец Н. И., Кубрин С. С.* Развитие информационных технологий на горнодобывающих предприятиях // Горный журнал. – 2009. – № 1. – С. 83–85. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Дегтерев Виктор Владимирович – ведущий инженер,
e-mail: vdvcat@gmail.com, Институт комплексного освоения недр РАН.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 8, pp. 238–244.

UDC 622.011

V.V. Degterev

DISTRIBUTED SYSTEM FOR REMOTE MONITORING OF DUST CONCENTRATION IN COAL MINE AIR

This paper discusses the current issues of coal mine dust monitoring. It provides hardware options and organizational solutions for the control of dust deposits. Describes the developed by IPKON RAN devices for determining the mass of deposited dust, as well as methods of

control over the distribution of dust deposits. The methods of distributed data collection and processing of collected data are shown. Contains the discussion about algorithms and hardware solutions to provide highly reliable wireless transmission received during the monitoring data in complex jamming environment mine workings.

Key words: dust explosion safety, control of dust deposits, measuring the mass density of the dust, distributed monitoring, radioisotope methods of measurement, wireless data transfer, ultra wideband data transfer methods

AUTHOR

Degterev V. V., Chief Engineer, e-mail: vdvc@t@gmail.com,
Institute of Problems of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
of Russian Academy of Sciences, 111020, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Colinet J. F. Chp. 2 – Sampling to Quantify Respirable Dust Generation, Best Practices for Dust Control in Coal Mining, *CDC/NIOSH Information Circular IC 9517*, Jan. 2010, pp. 11–12.
2. Jiangnan Wang, Yun Gao. Development of coal mine downhole high-pressure dust reduction and water supply system monitor device. *Electronics, Communications and Control (ICECC) International Conference*, 2011, pp. 2032–2034.
3. McGlynn J. *Guidelines to the mining, rehabilitation and environmental management process*, NSW Department of Primary Industries (Mineral Resources), NSW, 2006, p. 30.
4. Vincent J. H. *Aerosol sampling: science, standards, Instrumentation and applications*. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Ltd., 2007.
5. Volkwein J. C., Vinson R. P., McWilliams L. J., Tuchman D. P., Mischler S. E. *Performance of a New Personal Respirable Dust Monitor for Mine Use, CDC/NIOSH Report of Investigations 9663*, Jun 2004, pp. 3–4.
6. Fedunets N. I., Kubrin S. S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 10. Informatizatsiya i upravlenie—1. 2008, pp. 21–29.
7. Fedunets N. I., Kubrin S. S. *Gornyy zhurnal*. 2009, no 1, pp. 83–85.



НЕ УСТАЛО НЕБО ПЛАКАТЬ...

«ДАЙ ДЕНЕГ»

— Тот, кого приучили жить попрошайничеством, работать уже не сможет никогда. Это последствия социалистической системы организации производства.

— Ты пишешь про ужасы сталинского режима, а сотни людей выходят на демонстрации с портретами Сталина.

— Ничего удивительного, Сталину удалось вывести особую породу людей — продажных бездельников, которые ради халявы мать продадут. Они почувствовали поддержку власти по отношению к националистам, футболтусам, рокерам и включились в их число.

Разбирая почту, любой руководитель ежедневно находит письма от детей, родителей, монастырей, каких-то общественных организаций с историями, ледящими душу, с требованием: «Дай денег». Теперь к этой работе присоединились все каналы ТВ, радио, интернет, другие средства связи. Дотошные журналисты пытаются найти страждущих, и выясняется, что большая часть сообщений оказывается ложной.

Продолжение на с. 325