

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ В ОЧИСТНЫХ И ПРОХОДЧЕСКИХ ЗАБОЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Г.И.КОРШУНОВ, д-р техн. наук, профессор, korshunov_gi@spti.ru

Санкт-Петербургский горный университет, Россия

С.Б.РОМАНЧЕНКО, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник, romanchenkosc@mail.ru

ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Москва, Россия

В статье рассмотрены результаты инвестиционных проектов в области комплексного обеспыливания, реализованных в ведущих угледобывающих компаниях РФ. Представлены экспериментальные исследования процессов снижения уровней запыленности на рабочих местах при применении современных систем орошения и аспирационных систем. Рассмотрены факторы, определяющие массу и дисперсный состав витающей пыли при различных способах пылеподавления. Показаны результаты лазерного анализа дисперсного состава частиц, удаляемых из воздуха рабочей зоны.

Ключевые слова: концентрация пыли, пылевая фракция, дисперсный состав, аэрозоль, угольная шахта, уровень запыленности, схема проветривания, пылеотсос, промышленная безопасность, пылемер.

Внедрение мощной угледобывающей техники сопровождается резким увеличением образования мелких фракций полезного ископаемого в процессе разрушения горного массива [1,2]. Инновационные технологии обеспыливания предполагают ряд технических решений в единой технологической цепочке с интегрированными средствами борьбы с пылью от очистного или подготовительного забоя до угольного склада на поверхности предприятий. Для условий добычи угля длинными лавами средства пылеподавления должны предусматриваться по цепочке: комбайн – механизированная крепь – лавный конвейер – перегружатель – участковый конвейер – транспортная общешахтная система (рис.1). При этом необходимо отметить, что борьба с пылью на современных комплексах предусматривает применение специальных шнеков и режимов резания, минимизирующих образование фракций угля 0-1 мм, одновременно с комплексным традиционным пылеподавлением при помо-

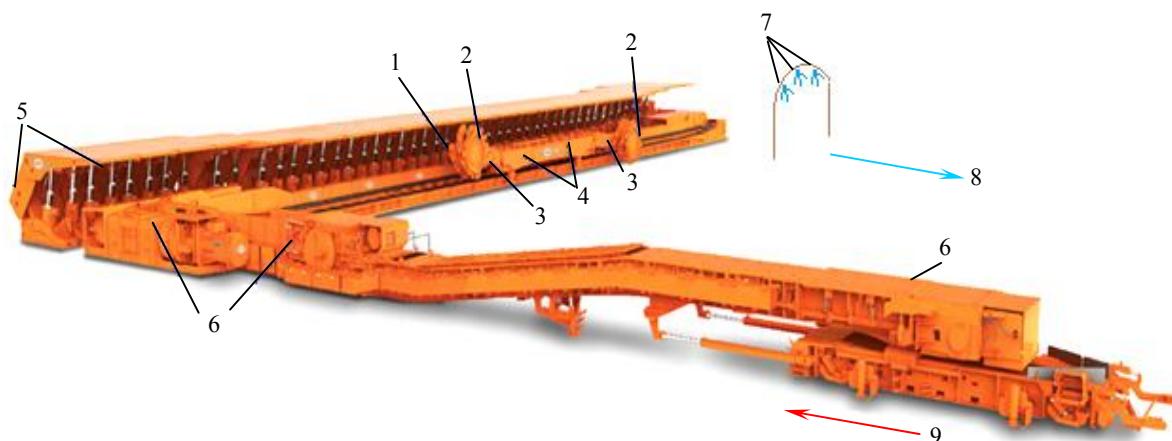


Рис.1. Объемная схема интегрированной системы орошения (на примере JOY 7LS [1, 2, 5]):

1 – дуга орошения; 2 – орошение «под резец»; 3 – форсунки на поворотных редукторах; 4 – форсунки на корпусе комбайна; 5 – секционное орошение; 6 – пылеподавление на перегружателе и дробилке; 7 – обеспыливание исходящей струи воздуха; 8 – исходящая струя воздуха; 9 – свежая струя воздуха

щи распыленной воды и аспирационного пылеудаления. Значительная часть воды, подаваемой в пределы выемочных участков, используется первоначально на технологические цели (охлаждение силовых агрегатов) с последующей подачей на форсунки в системы орошения.

Производители горно-добычающей техники стремятся обеспечить задачу снижения концентрации витающей пыли путем ее орошения, разделения воздушных потоков или частичного осаждения непосредственно в лаве. В ряде случаев, например при применении специальных шнеков, это приводит к общему снижению образования пыли. При этом одновременно решаются как задачи снижения пылевой нагрузки на горнорабочих, так и пылевзрывобезопасности. Ряд других технических приемов, снижая запыленность в месте расположения персонала, приводят к повышенному выносу пыли из лавы в вентиляционный штреc, что повышает интенсивность пылеотложения и степень опасности взрыва пыли. В качестве примера можно привести создание оросительных систем типа «водная стенка». При этом запыленность в месте расположения машиниста комбайна снижается, однако вынос пыли из лавы возрастает, увеличивая нагрузку на системы осланцевания и пылевзрывобезопасности [5].

Нормативами предусматривается включение рабочих органов выемочных машин через блокирующие защитные устройства, обеспечивающие их остановку при прекращении подачи жидкости на оросители. Подача воды от пожарно-оросительного трубопровода на оросители осуществляется через штревковый и комбайновый фильтры и реле давления.

Для орошения очистных комбайнов используются системы внутреннего и внешнего орошения, схемы размещения которых представлены на рис.2 (для комбайнов, применяемых в условиях Кузбасса).

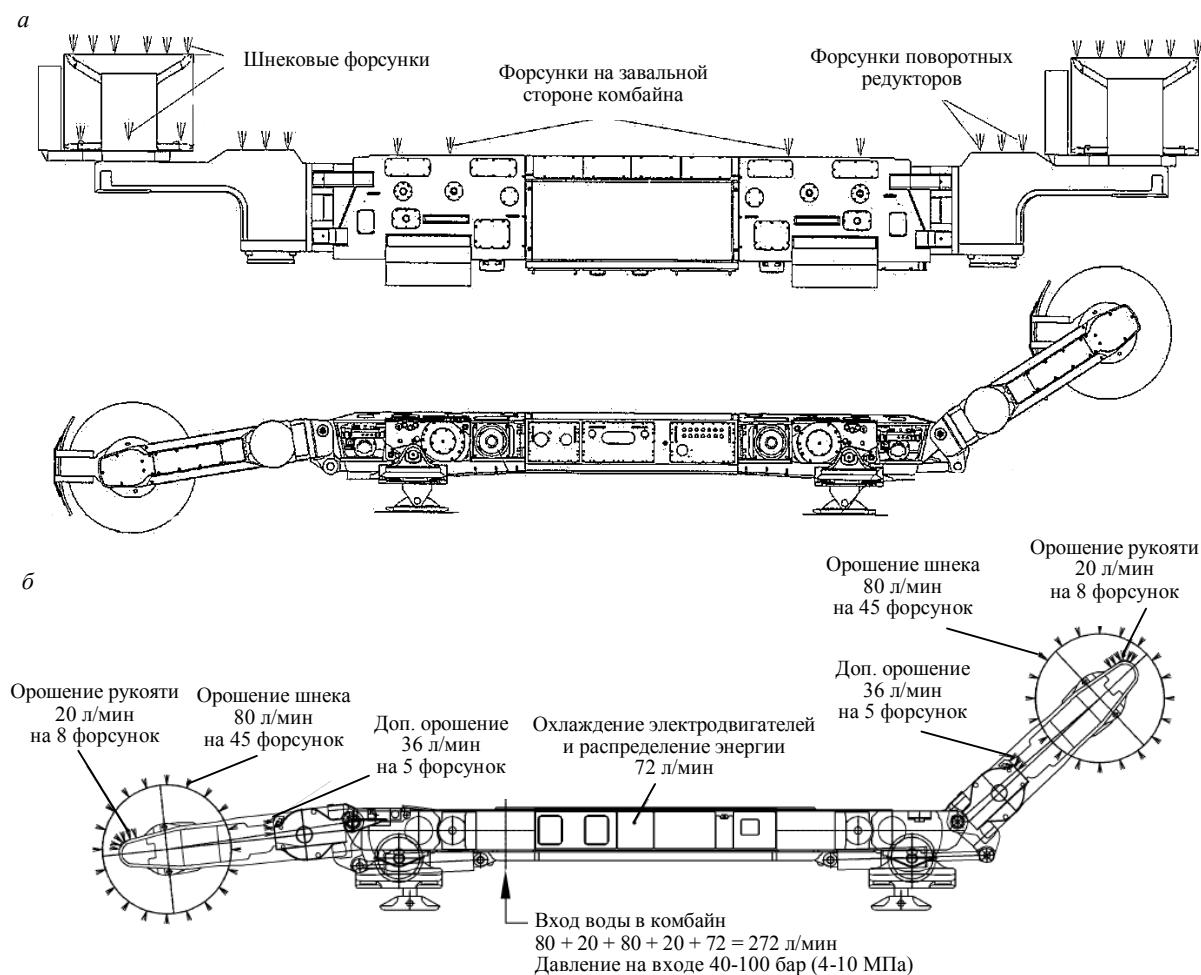


Рис.2. Расположение элементов системы орошения на комбайнах JOY (a) и Eickhoff (б)

Для внутреннего орошения используются унифицированные форсунки с подачей воды «под резец» или специальные оросители (табл.1). В ряде комбайнов ведущих фирм-производителей форсунки орошения передних и задних резцов могут несколько отличаться по конструкции и расходам воды, подаваемой на орошение. Для комбайнов возможно применение форсунок с различным диаметром выходного отверстия, что позволяет изменять суммарное потребление воды системами орошения, исходя из горно-геологических и горно-технических условий предполагаемой эксплуатации комбайна.

Таблица 1

**Характеристики системы орошения на исполнительном органе очистного комбайна
(технические варианты производителей)**

Комбайн	Размещение форсунки	Коли-чество	Расход воды			
			На форсунку		Суммарно	
			л/мин	м ³ /ч	л/мин	м ³ /ч
JOY 7LS	Форсунки орошения передних резцов:	48				
	Диаметр 1 мм		0,94	0,0564	45,12	2,71
	Диаметр 1,59мм		2,84	0,1704	136,32	8,18
	Форсунки орошения задних резцов:	48				
	Диаметр 1 мм		1,6	0,0960	76,8	4,608
	Диаметр 1,8 мм		4,13	0,2478	198,24	11,90
	Итого:	2×48				
	Ø 1мм				121,92	7,32
	Ø 1,59-1,8 мм				334,56	20,08
	Форсунки орошения резцов (Ø 0,7 мм)	45	1,78	0,107	80	4,8
	Итого	2×45			160	9,6

Шnekовые форсунки на современных комбайнах разделяются на две основные группы:

- орошения передних резцов с подачей воды на форсунку от 0,94 до 2,84 л/мин (в зависимости от диаметра отверстий в форсунках 1,0 или 1,59 мм соответственно);
- орошения задних резцов с подачей воды от 1,6 до 4,13 л/мин на форсунку.

Кроме орошения «под резец», использующих 45-48 форсунок на шнек, в современных выемочных комбайнах система орошения включает следующие группы оросителей (табл.2):

Таблица 2

Технические характеристики систем внешнего орошения комбайнов

Комбайн	Размещение форсунки	Количество	Расход воды	
			На форсунку, л/мин	Суммарно, л/мин/м ³ /ч
JOY 7LS	Левый поворотный редуктор	9	5,3	47,7 / 2,86
	Правый поворотный редуктор	9	5,3	47,7 / 2,86
	Плоские форсунки Вентури на завальной стороне комбайна	6	16	96 / 5,76
	Итого	24	—	191,4 / 11,48
Eickhoff SL300	Левый поворотный редуктор	8	2,5	20 / 1,2
	Правый поворотный редуктор	8	2,5	20 / 1,2
	На завальной стороне комбайна	2×5	7,2	72 / 4,32
	Итого	26		112 / 6,72

- форсунки на поворотных редукторах – 5-9 форсунок правого и левого поворотных редукторов);

- дуге орошения на входе (headgate sprayboom);

- форсунки на корпусе комбайна со стороны забоя (на завальной стороне комбайна) – 6-10 форсунок.

Рекомендуемые производителем системы орошения в максимальной комплектации могут отличаться от фактически поставленных на шахты. Изменяется число форсунок и их тип с целью увеличения или снижения подачи воды.

Суммарная подача воды в комбайн типа JOY 7LS в рассмотренной комплектации составит 313,3-520,0 л/мин или 18,8-31,6 м³/ч, аналогичная система для комбайна Eickhoff предусматривает наличие 45 форсунок для каждого шнека, суммарно 13 форсунок на каждой рукояти (поворотные редукторы). Подача воды в комбайн составляет около 272 л/мин при рабочем давлении воды 2-10 МПа.

Для условий шахт ОАО «СУЭК» системы, реализованные в рамках инновационных технологий обеспыливания, имеют комплектацию и расходы воды на орошение, приведенные в табл.3.

Таблица 3

Суммарный расход воды на орошение при работе очистных комбайнов на шахтах Кузбасса

Тип комбайна	Количество форсунок		Суммарный расход воды, л/мин (комбайн/комплекс)
	Внутреннее (взрывозащитное под резец)	Внешнее*	
JOY 7 LS-20	98	16/10/2	280
JOY 6 LS-3	144	16/10/4/8	271,6 / 310,1
JOY 6 LS-3	88	8	240
JOY 4 LS-20	72	12/2/4/12	274,4 / 317,4
JOY 4 LS-5	92	–	148
JOY 4 LS-20	92	–	148
SL-500	144	28	240
SL-500	128	–	172
SL-300**	128	–	272 / 492

* Последовательно указано количество форсунок на корпусе комбайна, поворотных редукторах, каждой секции, перегружателе и дробилке.

** По предложениям производителей в близкой к максимальной комплектации.

Опыт эксплуатации выемочных комплексов всех фирм-производителей на шахтах ОАО «СУЭК» показывает, что снижения уровней до ПДК при применении исключительно систем орошения не происходит. Технически достижимые уровни остаточной запыленности на рабочих местах при работающей системе орошения находятся в пределах 75-180 мг/м³ (например, для JOY 4LS на шахте им. С.М.Кирова ТДУ составляет 82,9-98,6 мг/м³, запыленность в 10-15 м за комбайном составляет 137,8 мг/м³) [3]. Поэтому для снижения пылевыделения дополнительно на механизированные крепи устанавливают: уплотнения межсекционных зазоров; уплотнения, исключающие просыпания лежащего на перекрытиях и ограждениях штыба в призабойное пространство; оросительные форсунки с автоматическим включением и выключением жидкости.

При передвижении механизированных крепей поддерживающего типа эффективным средством пылеподавления являются форсунки для орошения породной мелочи, находящейся на перекрытии, и пространства за механизированной крепью. Орошение породной мелочи и пространства за механизированной крепью должно проводиться при опускании перекрытий секций крепи.

Пылеподавление секций крепи включает форсунки водяной завесы, установленные в нижней части перекрытия секции крепи, которые разбрызгивают воду на комбайн во время его движения в лаве. Производителем рекомендуется включение орошения на двух секциях крепи перед комбайном в направлении выемки, на одной секции в центре комбайна и од-

ной секции после прохода комбайна. Основная цель данной подсистемы орошения – создание «водной стенки», снижающей поступление запыленного воздуха на рабочее место машиниста комбайна, и создание потоков запыленного воздуха по направлению к забою. Кроме форсунок в нижней части перекрытия секций, рядом производителей предусматриваются оросители со стороны выработанного пространства.

Орошение верхней и завальной части секций крепи снижает выделение пыли при подвигании секций крепи.

Расходы воды и давление, необходимое для работы секционного орошения возможно рассмотреть на примере нескольких однотипных систем, функционировавших в период 2010-2011 гг. на шахтах Кузбасса (им. 7 Ноября, «Красноярская» и др): на каждой секции было установлено по четыре форсунки с расходом воды по 1,6 л/мин. Суммарный расход воды на одну секцию составлял 6,4 л/мин. Тип форсунок K178BMC1,2 (диаметр 1,2 мм). При работе одновременно четырех секций суммарная подача воды на секционное орошение составляет $4 \times 6,4 = 25,6$ л/мин. Номинальное давление воды на действующих секционных оросителях 2 МПа.

Для подготовительных забоев системы обеспыливания воздуха, кроме усовершенствованных систем орошения, предусматривают применение аспирационных систем пылеотсоса. При этом претерпевают изменения системы вентиляции тупиковой части выработки. Применяются нагнетательно-всасывающий или всасывающий способ проветривания. На шахтах Кузбасса общая продолжительность производственного цикла для комбайнов фронтального действия составляет 21,5-30 мин. Основные затраты времени (72-77 % рабочего цикла) приходятся на крепление кровли, бортов, а также транспортные операции. В этот период пылеотсос не работает, горная выработка проветривается по устойчивой нагнетательной схеме.

Непосредственно проходка 1 м выработки длится 5-6 мин. В это время производится включение пылеотсоса, выработка проветривается по нагнетательно-всасывающей схеме. За счет дополнительно включаемого источника тяги – всасывающего вентилятора пылеотсоса отмечено снижение концентрации метана на 0,15-0,19 % [4, 5]. Результаты измерений уровней запыленности воздуха приведены в табл.4.

Таблица 4

Уровень запыленности при работе комбайнов Bucyrus и JOY с интегрированными пылеотсосами

Место отбора пробы / режим резания комбайна	Система обеспыливания	Bucyrus 30MB		JOY 12CM30	
		Максимальная разовая концентрация, мг/м ³	Средняя сменная концентрация, мг/м ³	Максимальная разовая концентрация, мг/м ³	Средняя сменная концентрация, мг/м ³
Рабочее место машиниста (точка А) / по углю	Орошение Пылеотсос и орошение Снижение	106 9,7 96,3 (91 %)	24 7,7 16,3 (68 %)	155,4 23,6 130,8 (84 %)	30,0 12,7 17,3 (58 %)
Рабочее место машиниста (точка А) / присечка 0,5 м по породе	Орошение Пылеотсос и орошение Снижение	421,1 124,3 296,8 (71 %)	40,3 21,9 18,4 (46%)	– – –	– – –
В 30 м от комбайна (точка С) / по углю	Орошение Пылеотсос и орошение Снижение	27,6 – 32 8,8 18,8 (61 %)	11,1 7,1 4 (36 %)	– – –	– – –
В 30 м от комбайна (точка С) / присечка 0,5 м по породе	Орошение Пылеотсос и орошение Снижение	2862-3333 197 2900,5 (93,6 %)	164,4 19,4 145 (88 %)	– – –	– – –
Рабочее место оператора-анкероустановщика (точка В) / по углю	Орошение Пылеотсос и орошение Снижение	– – –	– – –	994,7 80,5 914,2 (92 %)	206,9 24,1 181,9 (88 %)

Таким образом, результаты внедрения инновационных технологий обеспыливания показывают:

- технические решения позволяют существенно снизить уровни запыленности на основных рабочих местах с обеспечением нормативных показателей производственного контроля ($150 \text{ мг}/\text{м}^3$);
- применение систем встроенного пылеотсаса позволяет в 7-12 раз снизить уровни запыленности на рабочих местах в подготовительной выработке. В ряде измерений уровни запыленности на рабочем месте машиниста комбайна приближались к ПДК, равной $10 \text{ мг}/\text{м}^3$;
- 99,6 % частиц пыли, витающей и откладывающейся в очистных и подготовительных забоях, при работе современных комбайнов имеют размеры 0,16-162,2 мкм. В аспирационных системах различных типов происходит улавливание частиц диаметром 0,16-727,7 мкм, улавливаемая пыль – 29,5-37 мкм. На рабочем месте машиниста комбайна (при применении пылеотсаса) в свободном состоянии находятся частицы размерами 1-41 мкм и доля респирабельных фракций пыли не превышает 3 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клименко А.П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли. М.: Химия, 1978. 208 с.
2. Лебецки К.А. Пылевая взрывоопасность горного производства / К.А.Лебецки, С.Б.Романченко. М.: Горное дело, 2012. 464 с.
3. Романченко С.Б. Пылевая динамика в угольных шахтах / С.Б.Романченко, Ю.Ф.Руденко, В.Н.Костеренко. М.: Горное дело, 2011. 256 с.
4. Романченко С.Б. Комплексные исследования фракционного состава угольной пыли // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск. 2010. № 1. С.129-142.
5. Lebecki K. Zagrożenia pylowe w górnictwie. Katowice: Główny Instytut Górnictwa, 2004. 399 p.

REFERENCES

1. Klimenko A.P. Metody i pribory dlya izmereniya kontsentratsii pyli (*Methods and instruments for dust concentration measurement*) Moscow: Khimiya, 1978, p.208.
2. Lebecki K.A., Romanchenko S.B. Pylevaya vzryvoopasnost' gornogo proizvodstva (*Dust explosiveness in mining*). Moscow: Gornoe delo, 2012, p.464.
3. Romanchenko S.B., Rudenko J.F., Kosterenko V.N. Pylevaya dinamika v ugol'nykh shakhtakh (*Dust dynamics in coal mines*). Moscow: Gornoe delo, 2011, p.256.
4. Romanchenko S.B. Kompleksnye issledovaniya fraktsionnogo sostava ugol'noi pyli (*Complex investigations of coal dust fractional composition*). Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'. Otdel'nyi vypusk. 2010. N 1, p.129-142.
5. Lebecki K. Zagrożenia pylowe w górnictwie. Katowice: Główny Instytut Górnictwa, 2004, p.399.

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF DEDUSTING IN MINING AND ADVANCE COAL MINE FACES

G.I.KORSHUNOV, Dr. of Engineering Sciences, Professor, korshunov_gi@spmi.ru
Saint-Petersburg Mining University, Russia

S.B.ROMANCHENKO, Dr. of Engineering Sciences, Senior Research Scientist,
romanchenkob@mail.ru
FGBU VNIPO EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

The article describes the results of the implementation of investment projects in the field of complex dedusting implemented in major coal producing companies in Russia. Experimental study of the processes reduce the levels of dust in the workplace in the application of modern systems of irrigation and aspiration systems. The factors that determine the mass and composition of particulate airborne dust at various ways of dust suppression. The results of the analysis of the laser dispersed composition of particles removed from the air of the working area.

Key words: dust concentration, dust fraction, the particulate composition, aerosol coal mine dust levels, the scheme of ventilation, dust extraction, industrial safety, dust meter.