

## Состояние и перспективы обеспыливания и пылевзрывозащиты в шахтах

Приведены наиболее важные направления применения существующих и разработки новых способов и средств борьбы с пылью во время основных технологических процессов. В результате соблюдения рекомендуемых схем и параметров основного способа пылеподавления – орошения – эффективность обеспыливания достигает 90 % и более, а с применением пылеотсоса повышается до 98 %. Показано, что благодаря систематическому использованию всех предусмотренных нормативными документами пылевзрывозащитных мероприятий и надлежащему контролю пылевзрывобезопасности выработок взрывы пыли в шахтах могут быть полностью исключены.

Рудничная пыль – один из важнейших факторов, определяющих условия и безопасность труда в угольных шахтах, так как, с одной стороны, может являться причиной тяжелых профзаболеваний пылевой этиологии (пневмокониозы, пылевые бронхиты), а с другой – источником взрывов пылеметановоздушной смеси (ПМВС), сопровождающихся часто катастрофическими последствиями. В связи с этим разработка и применение мер борьбы с пылью должны быть направлены, во-первых, на улучшение условий труда по пылевому фактору и снижение профессиональной заболеваемости пылевой этиологии, а во-вторых, на исключение взрывов угольной пыли.

Как показали исследования [1], основными источниками образования и поступления пыли в руднич-

ную атмосферу являются процессы выемки угля и проведения горных выработок. В общем пылевом балансе шахты суммарная доля этих источников составляет 85 – 90 %. Остальные 10 – 15 % пылевыделения приходится на транспортирование угля (горной массы), погрузочно-перегрузочные процессы и прочие источники [1]. Такое соотношение интенсивности источников определяет основные направления применения существующих и разработки новых способов и средств борьбы с пылью в шахтах, которые сводятся, в основном, к следующим.

*Предупреждение пылеобразования в процессе разрушения угля (горного массива) за счет связывания пылевых частиц, изначально содержащихся в порах и трещинах массива, с помощью его предварительного увлажнения путем нагнетания жидкости под определенным, как правило, высоким (до 30 МПа и более) давлением. Эффективность этого способа невысока (не более 30 – 35 %) и как самостоятельный он не применяется, поскольку отличается значительными трудоемкостью, временем и материальными затратами на оборудование. Вместе с тем в Украине он предусмотрен Правилами безопасности как обязательный для очистных выработок [2].*

*Снижение интенсивности пылеобразования при работе забойных машин благодаря совершенствованию конструкции их испол-*



**А. П. КОРЕНЕВ,**  
канд. техн. наук  
(МакНИИ)

*нительных органов и оптимизации режимов разрушения массива, обеспечивающих максимально возможное снижение выхода мелких классов горной массы, в том числе пылевой фракции.*

Однако эти меры существенно не улучшают пылевую обстановку, так как при снижении на 20 – 30 % содержания пылевой фракции в разрушенной горной массе пылевыделение и запыленность воздуха практически не уменьшаются, что обусловлено зависимостью этих показателей (при одинаковом количестве образовавшейся пыли) от условий для перехода пыли во взвешенное состояние и, главным образом, от характера взаимодействия потоков измельченной горной массы с воздушным потоком и от параметров последнего.

*Предотвращение пылевыделения за счет связывания пылевых частиц, образующихся в процессе резания (разрушения) массива и содержащихся в разрушенной горной массе до их перехода во взвешенное состояние, а также осаждение пыли, перешедшей во взвешенное состояние в зоне комбайна. Связывание и осаждение пылевых частиц обеспечивается путем подачи орошающей жидкости (воды, водных растворов смазывающих веществ, эмульсий, пен и др.) в зоны образования и выде-*



ления пыли при работе горных машин, т. е. пылеподавление методом орошения.

Этот способ, самый распространенный в шахтах как в нашей стране, так и за рубежом, эффективен и прост в реализации.

*Предотвращение поступления переходящей во взвешенное состояние пыли, не осаждаемой с помощью орошения, в общий вентиляционный поток выработки путем ее отсоса у источников пылевыделения с последующим осаждением в пылеулавливающих устройствах, т. е. обеспыливание методом пылеотсоса.*

Способ обеспечивает высокую (95 – 98 %) эффективность обеспыливания, в том числе и по наиболее опасной для здоровья тонкой фракции пыли, и весьма перспективен. Однако до сего времени для большинства технологических процессов он находится на стадии разработки. Исключение составляет применение пылеотсоса при проведении выработок, которое в соответствии с требованиями нормативных документов должно быть в обязательном порядке предусмотрено при работе проходческих комбайнов [2, 3], но на данный момент эти требования как правило не выполняются. Вместе с тем зарубежный опыт использования пылеотсоса при работе проходческих комбайнов свидетельствует о высокой эффективности обеспыливания.

*Ограничение поперечного распространения взвешенной пыли в зоне расположения комбайна в целях повышения эффективности орошения и пылеотсоса путем локализации и изоляции от прямого воздействия интенсивной вентиляционной струи на потоки отбитой горной массы и пылевые потоки в зонах их возникновения, перемещения и взаимодействия со средствами борьбы с пылью.* Достигается изоляцией или экранированием указанных зон элементами конструкции комбайнов и (или) с помощью специальных ограждающих устройств (укрытий).

Экспериментальными исследованиями установлено, что применение укрытий позволяет в 5 – 10 раз повысить эффективность орошения и в 5 – 20 раз – пылеотсоса.

До настоящего времени этот способ находится на стадии экспериментальных разработок.

*Предотвращение (снижение интенсивности) выноса пыли, выделяющейся при осуществлении основных технологических процессов, в примыкающие выработки путем очистки от пыли исходящих вентиляционных потоков с помощью водяных (водовоздушных) завес или пылеулавливающих установок.*

Водяные (водовоздушные) завесы повсеместно используются в шахтах. Однако они недостаточно эффективны при скорости вентиляционной струи более

2 м/с. В то же время опыт применения пылеулавливающих установок для очистки от пыли исходящих воздушных потоков, показавший значительно более высокую эффективность обеспыливания, ограничен условиями очистных выработок крутых пластов с нисходящим и восходящим способами их проветривания [1]. В последнее время вопрос очистки от пыли исходящих из очистных выработок воздушных потоков особенно актуален и требует незамедлительного решения в связи с предусмотренным новыми Правилами [2] увеличением максимально допустимой скорости движения воздуха в очистных выработках до 6 м/с при соблюдении определенных условий, к которым относится и требование об использовании пылеулавливающих установок для очистки исходящих потоков для снижения выноса пыли и интенсивности ее отложения в примыкающих выработках [2].

Таким образом, фактически единственный и широко применяемый в шахтах способ борьбы с пылью – орошение. Разработаны и используются для оснащения забойных машин (прежде всего выемочных и проходческих комбайнов) системы пылеподавления, обеспечивающие подвод воды к каждому резцу для эффективного пылеподавления и защиты от фрикционного воспламенения пылеметановоздушной смеси (ПМВС) в зоне работы исполнительных органов машин. Такие системы при условии соблюдения требуемых параметров орошения способны обеспечивать высокую эффективность пылеподавления (до 85 – 90 % и более).

Опыт эксплуатации выемочных и проходческих машин показывает, что на практике такая эффективность, в большинстве случаев, не достигается в силу ряда организационно-технических причин. Так, практически на всех шахтах Украины очистные и проходческие комбайны работают с переоборудованными в условиях шахт примитивными оросительными устройствами, не обеспечивающими подвод воды к каждому резцу. Устройства контроля параметров пылеподавления и блокировки машин несанкционированно отключаются. При этом для водоснабжения систем пылеподавления используется загрязненная (неочищенная) шахтная вода, что резко снижает надежность систем и эффективность обеспыливания.

Изучение зарубежного опыта борьбы с пылью в угольных шахтах показало, что в угледобывающих странах основным способом борьбы с пылью при работе горных машин также является орошение. В используемых в зарубежной практике при разрушении угля и пород системах орошения предусмотрена подача воды к каждому резцу в целях пылеподавления и предотвращения фрикционного воспламенения ПМВС при работе комбайнов. Уделяется внимание на-



дежности работы систем пылеподавления и средств блокировки, обеспечивающих отключение машины при снижении основных параметров орошения [4].

Для существенного повышения эффективности обеспыливания, снижения запыленности воздуха в шахтах и уменьшения профессиональной заболеваемости пылевой этиологии необходимо осуществить следующее.

- Установить запрет на поставку шахтам забойных машин, в том числе и после капитального ремонта, не оснащенных средствами борьбы с пылью, предусмотренными нормативными документами и поставляемыми комплектно с машинами.

- Организовать постоянный контроль и обеспечить эксплуатацию систем пылеподавления забойных машин в соответствии с требованиями нормативных и эксплуатационных документов, в том числе с подачей воды к каждому резцу (внутреннее орошение) и в другие зоны образования и выделения пыли (внешнее орошение) при обязательном применении фильтров для очистки воды, устройств контроля и блокировки, оросительных насосных установок и забойных водоводов заводского изготовления.

- Наладить серийное производство параметрического ряда пылеулавливающих установок для оснащения проходческих комбайнов и очистки от пыли исходящих из очистных выработок воздушных потоков.

- Провести модернизацию и возобновить серийное производство унифицированных оросителей параметрического ряда для оснащения систем пылеподавления в шахтах.

- Организовать оснащение шахт оборудованием для централизованной водоподготовки в целях снабжения систем пылеподавления очищенной водой, соответствующей гигиеническим требованиям.

Приоритетными направлениями дальнейших научно-исследовательских работ в области борьбы с пылью в шахтах являются разработка и создание:

схем применения и оборудования для высоконапорного орошения с подачей воды в зону резания (разрушения) угля или пород исполнительными органами машин, гарантирующих также и эффективную взрывозащиту от фрикционного воспламенения ПМВС;

оросителей повышенной надежности, обеспечивающих наиболее эффективные параметры пылеподавления;

фильтрующих устройств для защиты систем пылеподавления от проникновения механических примесей с размером частиц более 200 мкм, а при применении высоконапорного орошения – более 50 мкм;

способов и схем пылеотсоса для очистных и подготовительных выработок, предусматривающих локализацию пылевых потоков и изолированный отвод их

за пределы рабочей зоны, минуя основные рабочие места;

эффективных способов и рациональных схем пылеподавления для вспомогательных технологических процессов, в том числе при передвижке секций механизированных крепей, транспортно-перегрузочных работах, при очистке от взвешенной пыли исходящих воздушных потоков.

Среди всех опасностей горного производства и вызванных ими аварий наиболее тяжелые по своим социальным и экономическим последствиям – *взрывы угольной пыли* [5]. В среднем один взрыв с участием пыли уносит 36 – 37 человеческих жизней, в ряде случаев погибает до 60 – 80 человек. В результате взрыва на шахте им. А. Ф. Засядько (ноябрь 2007 г.) число погибших достигло 106 человек. При взрыве газа (без участия пыли) этот показатель составляет в среднем около 10 человек.

Необходимые условия возникновения и протекания процесса взрыва угольной пыли в шахтах: облако взвешенной угольной пыли, обладающей взрывчатыми свойствами, определенной концентрации, превышающей нижний концентрационный предел взрываемости данной пыли; источник воспламенения достаточной энергии и с достаточным временем воздействия на пылевое облако, превышающим индукционный период взрыва взвешенной пыли.

Необходимое условие распространения взрыва пыли по горным выработкам – наличие на их поверхностях несвязанной отложившейся угольной пыли, способной при определенных условиях переходить во взвешенное состояние с образованием пылевого облака взрывчатой концентрации.

Следует отметить, что в отличие от взрыва газов, где взрывчатая среда образуется в результате диффузионного перемешивания, при взрыве пыли требуются дополнительные затраты энергии для создания определенного объема взвешенной пыли взрывчатой концентрации. В производственных условиях источником энергии могут быть взрыв газа, взрывные работы и другие динамические воздействия на отложившуюся пыль. Такое сочетание во времени и в пространстве условий для возникновения и распространения взрыва угольной пыли маловероятно, но, тем не менее, взрывы в шахтах происходят.

Основные причины взрывов угольной пыли в шахтах – это, с одной стороны, неудовлетворительное состояние мер по борьбе с пылью во время основных производственных процессов выемки и транспортирования угля, сопровождающихся высокими уровнями пылевыведения и интенсивным пылеотложением по сети горных выработок, а с другой – грубые нарушения требований Правил безопасности по соблюде-



нию пылевого режима шахт и проведению эффективного контроля пылевзрывобезопасности горных выработок.

В настоящее время в угольной отрасли отсутствуют оперативные методы и средства объективного контроля качества применяемых пылевзрывозащитных мероприятий и пылевзрывобезопасности выработок. В соответствии с действующими нормативными документами текущий контроль качества этих мероприятий и пылевзрывобезопасности выработок осуществляют должностные лица шахт, а периодически – работники ГВГСС. При этом основной метод контроля – визуальный, заключающийся в осмотре поверхностей десятков километров горных выработок. Он трудоемкий, необъективный и неоперативный, поэтому его качество низкое. Для объективной оценки пылевзрывобезопасности выработок работники ГВГСС один раз в квартал осуществляют отбор проб отложившейся пыли с последующим их анализом в лаборатории, поэтому метод не может быть надежным источником информации о пылевзрывобезопасности каждой выработки в определенный момент.

Такое состояние контроля пылевого режима на предприятиях отрасли приводит к тому, что в отдельных шахтах своевременно не выполняются пылевзрывозащитные мероприятия, не соблюдаются параметры и схемы установок заслонов.

Кроме того, в глубоких шахтах (около 70 % шахт Украины) практически не используются наиболее эффективные мокрые способы предупреждения взрывов угольной пыли из-за возможного ухудшения санитарно-гигиенических условий. Этот вопрос можно решить, применяя гигроскопические смачивающе-связующие составы, имеющие в 10 – 20 раз более продолжительный период защитного действия, чем мокрая уборка пыли или осланцевание. Однако работы по созданию смачивающе-связующих составов были прекращены более 20 лет назад из-за отсутствия финансирования.

Для защиты от потенциальных источников взрыва в горных выработках шахт, в которых не могут быть установлены основные заслоны (короткие подготовительные выработки, распределительные пункты, места скопления электрооборудования, сопряжения лав со штреками и др.), были разработаны автоматические системы взрывозащиты типов СЛВА и СВША, обеспечивающие локализацию и предотвращение взрывов в начальной стадии их возникновения. При этом система СЛВА выпускается серийно, однако внедряется медленно и в недостаточных объемах. Система СВША, позволяющая также систематически контролировать пылевзрывобезопасность выработок с передачей информации на поверхность, не была доведена

до серийного производства из-за прекращения финансирования.

На многих шахтах вместо полочных сланцевых и водяных заслонов распространены заслоны на основе пленочных полиэтиленовых сосудов типа ПБС. Испытания, проведенные МакНИИ, и результаты исследования аварий на шахтах показали, что такие заслоны неэффективны и ненадежны для локализации взрывов угольной пыли.

Механические осланцеватели и самоходные агрегаты для обмывки горных выработок и нанесения смачивающе-связующих составов в настоящее время разработаны и доведены до стадии серийного производства, но из-за отсутствия заказов на шахты не поступают, т. е. такие работы осуществляются вручную. Это приводит к высокой трудоемкости проведения и неудовлетворительному качеству взрывозащитных мероприятий.

Вместе с тем, несмотря на столь тяжелые последствия взрывов пыли и на определенные трудности в их предотвращении, при систематическом применении разработанных мер пылевзрывозащиты и надлежащем контроле состояния пылевзрывобезопасности выработок взрывы угольной пыли в шахтах могут и должны быть полностью исключены.

**Выводы.** Приведены основные результаты применения существующих и приоритетные направления дальнейших исследований, а также разработок новых способов и средств борьбы с пылью, позволяющих существенно повысить эффективность обеспыливания и снизить уровень профессиональной заболеваемости пылевой этиологии.

Определены пути повышения степени пылевзрывобезопасности угольных шахт и полного исключения взрывов угольной пыли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Борьба с угольной и породной пылью в шахтах* / [П. М. Петрухин, Г. С. Гродель, А. П. Корнев и др.] – [2-е изд.]. – М.: Недра, 1981. – 271 с.
2. *Правила безопасности в угольных шахтах*: НПАОП 10.0-1.01–10. – К., 2010. – 432 с.
3. *Нормативы по безопасности забойных машин, комплексов и агрегатов*: НПАОП 10.0-3.01–90. – МакНИИ, 1990. – 102 с.
4. *Ленинг Х.-Д.* Разработка оросительных устройств для шнековых комбайнов / Х.-Д. Ленинг, К.-П. Реннер, В. Теббе // Глюкауф. – 2006. – № 1. – С. 37 – 44.
5. *Борьба со взрывами угольной пыли в шахтах* / [М. И. Нецепляев, А. И. Любимова, П. М. Петрухин и др.]. – М.: Недра, 1992. – 300 с.