

2. Израэль Ю.А., Петров В.Н., Саверов Д.А. Моделирование радиоактивных выпадений в ближней зоне от аварии на Чернобыльской АЭС // Метеорология и гидроскопия. № 7, 1987. – С. 5-13.
3. Радиоактивное загрязнение природных сред в зоне аварии на Чернобыльской АЭС (Ю.А. Израэль) // Метеорология и гидроскопия. № 2, 1987. – С. 5-18.
4. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1986. – 287 с.
5. Чернобыльская катастрофа. Под ред. В.Г. Барьяхтара. – К.: Наукова думка, 1995. – 560 с.
6. Радиоэкологические последствия Чернобыльской аварии. – М.: 1991. – 201 с.

УДК 693.52

*Баранов А.Н., д-р техн. наук, проф., УИПА,
Морозов А.И., нач. отдела, УГЗУ*

ПОВЫШЕНИЕ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОМОЛЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В МЕЛЬНИЦАХ БАРАБАННОГО ТИПА

(представлено д-ром техн. наук Абрамовым Ю.А.)

Разработаны методы повышения взрывобезопасности при помоле твердого топлива в мельницах барабанного типа на базе исключения взрывоопасной концентрации угольной пыли. Обоснована необходимость контроля гранулометрии угля подаваемого на помол и соответствующей настройки сепараторов при помоле в замкнутом цикле

Постановка проблемы. Рост мощностей электростанций и других производств, работающих на органическом топливе, выдвигает все более строгие требования к надежности, безопасности и экономичности эксплуатации оборудования. Поэтому непрерывно продолжаются поиски новых принципов их работы. Это особенно характерно для производств, на которых применяется твердое топливо.

Несмотря на значительные достижения в технике пылеприготовления и сжигания топливной пыли, число взрывов в пылесис-

стемах остается большим, а в некоторых случаях эти взрывы приводят к тяжелым авариям с несчастными случаями и с разрушением оборудования.

Стремление к повышению надежности и экономичности, при крайнем разнообразии свойств топлив, привело к появлению большого разнообразия систем пылеприготовления и сжигания пыли. При этом одновременно развиваются системы с тонким измельчением и получением пыли равномерного фракционного состава с глубокой предварительной подсушкой и с накоплением в промежуточных бункерах, и системы прямого вдувания в зону горения пыли грубого помола.

Для обеспечения безопасности работы оборудования при использовании широкой гаммы топлив необходимо изучить механизм влияния факторов измельчения на возможность возникновения и развития взрыва пыли и разработать мероприятия по их предотвращению.

Анализ последних исследований и публикаций. Многие ученые мира в течение вот уже более ста лет работают над проблемой раскрытия природы самовозгорания углей. Но, несмотря на это, к сожалению, практически неизученной остается начальная стадия процесса самовозгорания [1].

Практически любое звено технологической цепочки от добычи угля на разрезе до сжигания его в той или иной мере подвергается опасности взрыва или пожара. Борьба с взрывами и пожарами на производствах, связанных с использованием углей, развивается по нескольким направлениям [2-6]:

- совершенствование технологических процессов добычи и переработки угля в целях сокращения времени контакта топлива с атмосферным кислородом и влагой, уменьшения пылеобразования, исключения потенциальных источников зажигания (перегрева);
- использование специального взрывозащищенного оборудования и специальных строительных конструкций;
- обработка угля специальными веществами, ингибирующими процессы самовозгорания и препятствующими возникновению взрыва;
- проведение организационно-технических мероприятий на производстве, связанных, прежде всего, с укреплением производственной дисциплины;

- использование специальных автоматических систем противопожарной защиты и взрывоподавления.

К сожалению, следует отметить, что большинство мероприятий, проводимых по этим направлениям, не дают должного эффекта. Так, в технологии практически невозможно контролировать образование просыпей угля, а также возникновение взрывоопасных концентраций угольной пыли в моменты запуска и останова оборудования, при авариях оборудования. Наличие в помещениях большого количества кабельных трасс, в том числе силовых, проведение сварочных и других огневых работ не гарантируют от возникновения источников зажигания или перегрева. Как показывает опыт, несмотря на значительное укрепление производственной дисциплины, тем не менее, большинство аварийных ситуаций и, в том числе, взрывов и пожаров, происходит по вине человека.

Постановка задачи и ее решение. Одним из направлений, развитие которого может дать существенное повышение уровня взрыво- и пожаробезопасности при сравнительно небольших затратах на внедрение, является оптимизация процесса помола угля. Эта задача приобретает особую актуальность при использовании угля во вращающихся печах обжига цементного клинкера. Специфика использования угля во вращающихся печах заключается в том, что зола топлива должна адсорбироваться в зоне жидкофазных реакций. Только в этом случае полностью произойдут реакции клинкерообразования, поэтому в зависимости от типоразмера печи должна проводиться соответствующая подготовка топлива, с учетом свойств углей и заданного гранулометрического состава. Обеспечить заданный гранулометрический состав возможно только при использовании замкнутого цикла помола.

Каменный уголь, применяемый в цементной промышленности, должен иметь теплоту сгорания 25000-28000 дж/кг, зольность 12-15%, содержание летучих компонентов 8-22%, влажность в естественном состоянии – не более 12%.

Для классификации угля важное значение имеет содержание в нем летучих компонентов. Потери массы при сгорающем угле без доступа воздуха представляют содержание летучих компонентов.

Угли молодых геологических формаций по сравнению с углями более древних формаций содержат большее количество кислорода, водорода и азота, в процессе горения эти элементы и их

соединения выделяют больше летучих составляющих. От содержания летучих компонентов зависит длина пламени при сжигании угля на колосниковой решетке. Угли с высоким содержанием летучих компонентов дают на колосниках длинный факел, и поэтому их называют длиннопламенными, угли с низким содержанием летучих компонентов образуют короткий факел и называются короткопламенными. Однако свойства угля меняются при сжигании его в виде угольной пыли во вращающихся печах. Длиннопламенные угли, подаваемые в виде пыли в горящую вращающуюся печь, распадаются с большей скоростью. Летучие компоненты газифицируются и немедленно сгорают, а частица кокса получает высокую пористость; это способствует интенсивному и полному доступу кислорода, что приводит к быстрому сгоранию кокса. Рассмотренные особенности ускоряют процесс горения, локализуя его на коротком участке вращающейся печи, благодаря чему образуется короткий факел.

Короткопламенные угли содержат мало летучих компонентов и при сжигании во вращающейся печи распадаются медленно. Вследствие низкого содержания летучих компонентов они горят медленнее, на более длинном участке печи создают более плотный кокс. В результате так называемый короткопламенный уголь при применении во вращающихся печах в виде угольной пыли образует длинный факел. Оптимальное содержание летучих компонентов в угле при сжигании его в порошкообразном состоянии равно 18-22%.

При подготовке к помолу угля необходимо принять меры по предотвращению взрыва угольной пыли. Взрыв происходит при наличии следующих факторов [7]:

взрывоопасная концентрация угольной пыли в газовой смеси;

достаточное количество кислорода в газовой смеси;

достаточная тепловая энергия.

Для каменного угля взрывоопасный диапазон концентраций лежит между 150 г (нижний предел) 1500 г (верхний предел) на 1м^3 воздуха при нормальных условиях.

Концентрация кислорода в помольно-сушильных агрегатах не должна превышать 14%. Для снижения концентрации кислорода часть отходящих газов приходится рециркулировать. Опасные ситуации в отношении концентрации O_2 иногда возникают при запуске установок. При снижении концентрации O_2 повыша-

ется нижний и понижается верхний взрывоопасный предел концентрации пыли, что сужает взрывоопасный диапазон.

Тепловая энергия, необходимая для начала взрыва может поступать в результате самовозгорания угля, перегрева угля при сушке слишком горячими газами и перегрева деталей оборудования.

Тонкость помола угля должна соответствовать 1,5-2% остатка на сите №02 (200 мкм) и 15% остатка на сите №009 (88 мкм). Как правило, чем короче вращающаяся печь, где сжигают уголь, тем тоньше его измельчают.

В настоящее время процесс измельчения твердых тел, несмотря на ряд обстоятельных исследований в этой области, не является хорошо изученным. Отдельные решения с успехом применяются лишь для некоторых конкретных задач конструирования и эксплуатации мельниц. Однако общего решения проблемы все еще не найдено. В значительной мере это связано с тем обстоятельством, что влияние ряда факторов на измельчение твердых материалов в большинстве работ не учитывалось. Между тем, роль некоторых из них, таких, как среда, в которой производится измельчение, строение и свойства твердых материалов очень велика. Ассортимент мелющих тел в мельницах барабанного типа – один из решающих факторов, влияющих на эффективность помола. Мощность привода современных помольных агрегатов достигает 2000 квт. Учитывая, что более 90% энергии при помоле, к сожалению, расходуется на нагрев материала в результате соударения мелющих тел, в мельнице могут существовать зоны с высокой температурой, особенно в зоне контакта крупных мелющих тел.

Исследованию соударения мелющих тел и измельчаемого материала посвящен ряд работ авторов и в рамках данной статьи этот вопрос не рассматривается. [8-10].

Взрывоопасная концентрация угольной пыли в газовой смеси может наблюдаться в некоторых участках мельниц из-за ее неравномерности распределения в объеме мельницы.

Помол материала в мельнице осуществляется в несколько этапов. Диаграммы помола показывают, что количество крупного класса материала, а, соответственно, средний размер частиц измельчаемого материала уменьшается с увеличением расстояния от зоны загрузки, т.е. времени помола. Сопоставление различных диаграмм помола указывает, что их вид зависит от свойств размываемого материала и от условий размола (количество мелющих

тел, их размеры и пр.). Но при значительных отличиях в скорости уменьшения содержания крупного класса все они обладают общими чертами. Характерной особенностью кривых является неравномерная скорость уменьшения содержания крупного класса: вначале она наиболее велика, затем все более и более замедляется.

Как известно, мелющие тела при обычных скоростях вращения мельниц двигаются по окружности в течение около 55% от общей продолжительности цикла, а затем совершают полет по параболической траектории. В конце параболической траектории мелющее тело производит удар, и цикл начинается снова. Продолжительность цикла не совпадает с продолжительностью одного оборота мельницы. Под «рабочим пространством» подразумевается объем, занимаемый контуром вращающейся загрузки, состоящей из мелющих тел и размалываемого материала, а под «свободным объемом» рабочего пространства понимается рабочее пространство за вычетом объема, занятого мелющими телами. «Рабочее пространство» показано схематически на рис. 1.

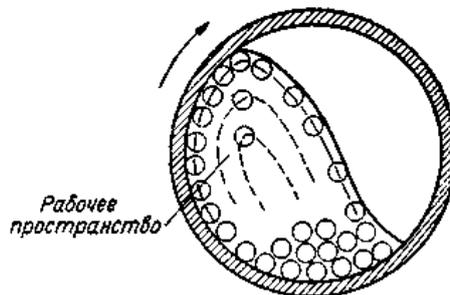


Рис. 1 – Рабочее пространство мельницы

Однако траектории движения частиц материала отличаются от траектории движения мелющих тел, и они тем больше отличаются, чем мельче частицы, т.е. с уменьшением размера частиц материала возрастает его концентрация в «свободном объеме» зоны поперечного сечения мельницы теоретически свободной. В настоящее время принята гипотеза о полете мелющих тел и материала по параболической траектории после отрыва от футеровки практически без учета сопротивления воздуха, т.к. мелющие тела имеют такую плотность и размеры, что сопротивлением воздуха можно пренебречь. Для крупных частиц материала эта гипотеза также оправдана. Отклонения траекторий частиц, сравнимых по

размеру с мелющими телами, от траектории движения загрузки отличаются незначительно. Совершенно другая картина наблюдается для мелких частиц. Движение мелких частиц зависит от сопротивления воздуха. Скорость мелких частиц меньше скорости мелющих тел и в результате их столкновения происходит изменение направления движения частиц материала. Учитывая равновероятность изменения направления от -90° до $+90^\circ$ можно считать, что частицы определенных размеров будут распределены во всем поперечном сечении мельницы, а не только в «рабочем пространстве». Законы распределения частиц во всем поперечном сечении мельницы зависят от размера частиц, т.к. на частицу после получения импульса силы от элементов помольного агрегата или других частиц действуют альтернативные силы: гравитационные и лобового сопротивления. От соотношения этих сил зависит траектория движения частиц. Наличие пыли в поперечном сечении мельницы зависит от расстояния от зоны загрузки.

Характеристикой измельчаемого материала является распределение его частиц по размерам, или его гранулометрический состав. Значения интегральной функции $R(\delta)$ соответствуют массовой доле частиц, имеющих размер крупнее δ . Существуют различные аналитические зависимости, описывающие опытные кривые полных остатков. Наибольшее распространение получила зависимость Розина-Раммлера

$$R(\delta) = \exp(-b \delta^n), \quad (1)$$

где b и n — параметры идентификации кривой к опытным данным.

Наряду с кривой полных остатков $R(\delta)$ распространена другая интегральная характеристика - кривая полных проходов $D(\delta)$, каждая точка которой показывает массовую долю частиц не крупнее, а мельче заданного размера δ . Обе функции связаны друг с другом соотношением

$$R(\delta) + D(\delta) = 1 \quad (2)$$

Распределение материала в «свободном объеме» зависит от расстояния до загрузочной части мельницы. Так, например, если на входе мельницы гранулометрический состав характеризуется числами, приведенными в таблице 1, то материал представлен

ний частицами менее 0,5 мм составляет менее 6-8% измельчаемого в данном сечении (рис. 2).

Таблица 1

№ п.п.	Размер ячейки сита в м, δ	Остаток на сите в долях к исходной навеске, $R(\delta)$	Расчетное значение $R(\delta)$ по уравнению Розена-Раммлера
1	0,004000	0,35400	0,345389
2	0,005000	0,22300	0,245747
3	0,006000	0,17200	0,171872
4	0,007000	0,14500	0,118422
5	0,008000	0,07100	0,080516
6	0,010000	0,03500	0,035940

Уравнение Розена-Раммлера

Коэффициенты

 b n

1026,705

1,244768

$$R(\delta) = e^{-b\delta^n}$$

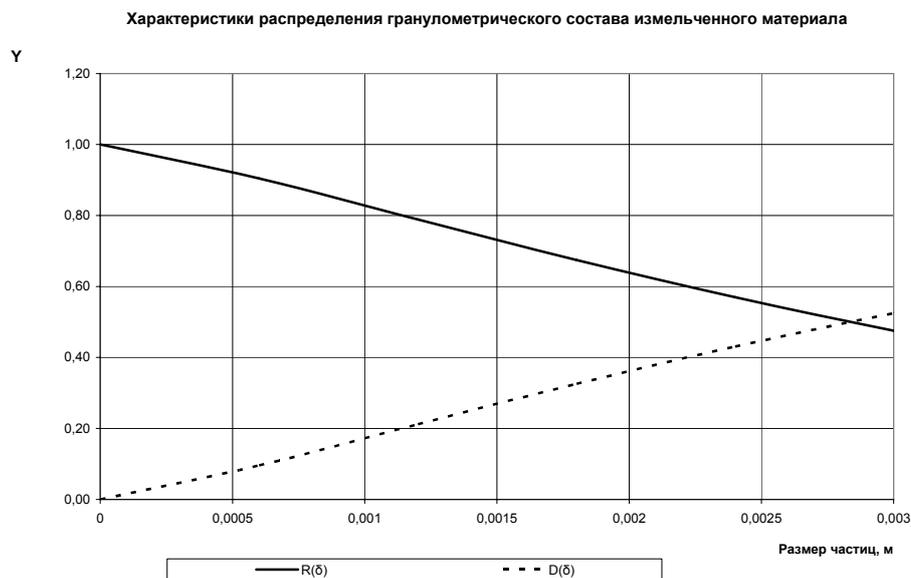


Рис. 2

Если же в сечении мельницы гранулометрический состав характеризуется числами в 10 раз меньше (таблица 2), то материал представленный частицами менее 0,5 мм составляет около 80% измельчаемого в данном сечении (рис. 3). Анализ информации приведенный на рисунках 2 и 3 показывает, что концентрация

Баранов А.Н., Морозов А.И.

пыли (частицы диаметром менее 500 мкм) в различных сечениях мельницы отличаются в 10-15 раз. концентрация пыли изменяется по длине мельницы непрерывно, поэтому в мельнице существует сечение, где наблюдаются ее опасные значения, если минимальная концентрация угольной пыли будет ниже 1500 г на 1 м³ воздуха.

Таблица 2

№ п.п.	Размер ячейки сита в м, δ	Остаток на сите в долях к исходной навеске, $R(\delta)$	Расчетное значение $R(\delta)$ по уравнению Розена-Раммлера
1	0,000400	0,35400	0,345389
2	0,000500	0,22300	0,245747
3	0,000600	0,17200	0,171872
4	0,000700	0,14500	0,118422
5	0,000800	0,07100	0,080516
6	0,001000	0,03500	0,035940

Уравнение Розена-Раммлера $R(\delta) = e^{-b\delta^n}$	Кoeffициенты	
	b	n
	18039,05	1,244768

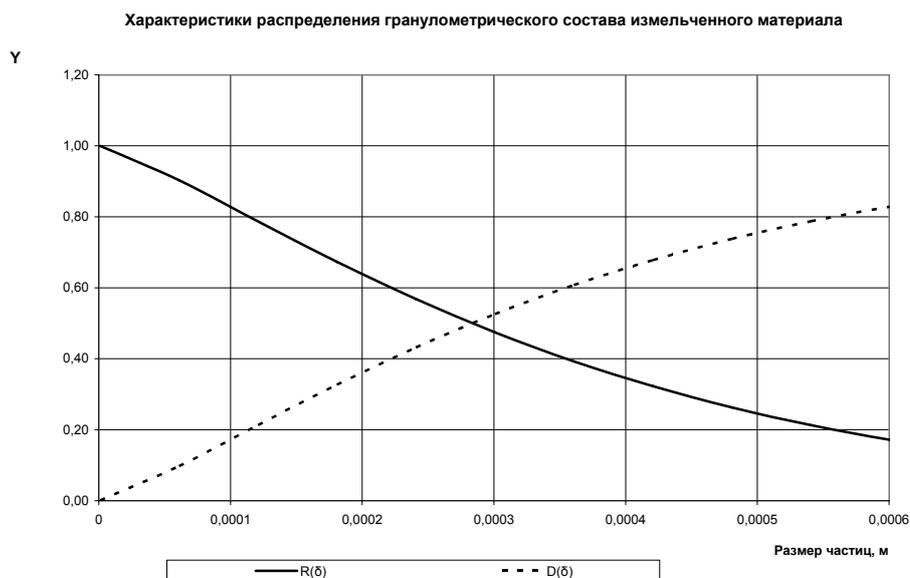


Рис. 3

Для того чтобы исключить опасную концентрацию угольной пыли в мельнице необходимо подавать измельчаемый материал такого гранулометрического состава и такое количество материала и аспирационного воздуха, чтобы концентрация угольной пыли была выше 1500 г на 1м³ воздуха. В мельнице диаметром 3,2 м находится около 1200 кг угля на погонный метр. Подача исходного угля в мельницу 15-20 кг/сек и крупки 30-40 кг/сек. Подача аспирационного воздуха 1-2 м³/сек. Как уже ранее говорилось, мелкая фракция равномерно распределена по сечению мельницы. При помол в замкнутом цикле, практически все частицы диаметром менее 0,2 мм (200 мкм) попадают в готовый продукт и в материале возвращаемом на домол из сепаратора (крупке) наблюдается малое содержание частиц менее 200 мкм. Пылевидный материал находится в исходном материале подаваемом на помол и в крупке (фракция 200-500мкм). Его общее содержание должно быть более 5% от суммарной массы исходного материала подаваемого на помол и крупки.

Выводы. Для исключения взрывоопасной концентрации угольной пыли в мельнице необходимо подавать измельчаемый материал такого гранулометрического состава и в таком соотношении материал и аспирационный воздух, чтобы концентрация угольной пыли была выше опасных значений. Поэтому необходим контроль гранулометрии угля подаваемого на помол и соответствующей настройки сепараторов при помол в замкнутом цикле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Окисление и самовозгорание твердого топлива / В.И.Саранчук, А.Д.Русчев, В.К.Семенов и др. // Киев: Наукова думка, 1994. – 264с.
2. Самовозгорание и взрывы пыли натуральных топлив. В.В. Померанцев, С.Л. Шагалова, В.А. Резник и др.- Л.: Энергия. Ленинградское отделение, 1978.
3. Амельчугов С.П., Захаренко Д.М. Автоматизированная система взрывоподавления и противопожарной защиты трактов топливоподач тепловых электростанций // Сибирский вестник пожарной безопасности. 1999.- №2. - С.42-47.
4. Киселев Я.С., Киселев В.Я. Проблемы самовозгорания органических материалов. Сообщение 1. Физика самовозгорания // Пожаровзрывобезопасность №1, 1992.

5. Киселев Я.С., Киселев В.Я. Проблемы самовозгорания органических материалов. Сообщение 2. Прогноз и профилактика самовозгорания// Пожаровзрывобезопасность №2, 1992.
6. Самовозгорание и взрывы пыли натуральных топлив. В.В. Померанцев, С.Л. Шагалова, В.А. Резник и др.- Л.: Энергия. Ленинградское отделение, 1978.
7. ГОСТ 12.1.044-83. Пожаровзрывоопасность горючих пылей. Общие требования.
8. Баранов А.Н., Морозов А.И. Оценка количества контактов мелющих тел и частиц материала, измельчаемого в шаровых мельницах. // Науковий вісник будівництва. Вип. 26. - Харків: ХДТУБА - 2004. - С. 210-214.
9. Баранов А.Н., Морозов А.И. Оценка возникающих напряжений в измельчаемом материале при центральном соударении двух шаров// Науковий вісник будівництва. Вип. 28. - Харків: ХДТУБА - 2004. - С. 223-227.
10. Баранов А.Н., Морозов А.И. Влияние ассортимента мелющих тел в мельницах барабанного типа на эффективность разрушения измельчаемого материала при помоле. //Вісник НТУ «ХПІ». Вип.. 30. - Харків: НТУ «ХПІ» - 2006. - С. 118-122.

УДК 331.4:504

*Барбашин В.В., канд. техн. наук, нач. каф., УЦЗУ,
Чижов В.Ф., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Пономар В.В., ад'юнкт, УЦЗУ,
Силенко Р.М., ад'юнкт, УЦЗУ*

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

(представлено д-ром техн. наук Туркіним І.Б.)

Розглянуті специфічні види ризику експлуатації ядерних енергоблоків у порівнянні з іншими енергетичними установками. Проведено аналіз можливих причин їх виникнення та запропоновані шляхи щодо їх запобігання

Постановка проблеми. Атомна електростанція (АЕС) в нормальному режимі роботи, з одного боку, є об'єктом з безпечним

Деякі аспекти проблеми підвищення рівня радіаційної безпеки при експлуатації атомних електростанцій