

Защита систем помола угля от пожаров и взрывов

Часть II*

РЕФЕРАТ. В настоящей статье описаны средства защиты установок помола угля от пожаров и взрывов, факторы, от которых зависит эффективность таких средств, и способы ее повышения. В ее второй части освещены вопросы обеспечения взрыво- и пожаробезопасности оборудования и сооружений на участках транспортировки и хранения готовой угольной пыли, описаны контрольно-измерительные приборы, необходимые для защиты от пожара и взрыва, и обсуждено использование аварийной инертизации.

Ключевые слова: помол угля, взрывозащита, защита от пожаров.
Keywords: coal grinding, explosion protection, fire protection.

Пожаро- и взрывозащита частей системы помола угля (окончание)

Транспортировка угольной пыли из главного рукавного фильтра в приемный бункер пневмонасоса или в силос пылеугольного топлива. Некоторые приемные бункеры пневмонасосов, как и должно быть, имеют EPSR** к неослабленному давлению взрывной волны 9—10 бар (здесь и далее приведены численные значения избыточного давления), однако часто у них нет взрывозащиты.

Из-за возможности воспламенения пыли в приемном бункере пневмонасоса необходимо установить устройство, обеспечивающее

эффективную локализацию области взрыва, между рукавным фильтром и этим бункером. Максимальное давление взрыва в рукавном фильтре зависит от его EPSR (характеризуемой p_{red} — прочностью конструкции оборудования или сооружений, достаточной для того, чтобы она выдержала максимальное ослабленное давление при срабатывании взрыворазрядного устройства) и концепции взрыворазрядного устройства. Максимальное значение p_{red} для рукавного фильтра прямоугольной конфигурации — 0,4 бар, а в большинстве случаев оно значительно ниже, если вообще известно. Это означает, что локализация области взрыва между рукавным фильтром и приемным бункером насоса должна быть эффективной при распространении давления 0,1—0,4 бар сверху (от фильтра) и 9—10 бар в случае его распространения снизу (от бункера).

Совершенно неприемлема конструкция, основанная на идее использовать один фильтр пылеочистки на два силоса угольной пыли (рис. 1 и 2). Такая система сообщающихся сосудов либо неприемлема с точки зрения конструктивной взрывозащиты, либо допустима только при установке большого числа дополнительных защитных систем, которые не были включены в подобный проект.

На сегодня единственный вариант устройства, обеспечивающего локализацию области взрыва между фильтром и насосом, — поворотный клапан. Других типов оборудования такого назначения рынок не предлагает.

Как упоминалось ранее, возможность работы поворотных клапанов как систем взрывозащиты зависит, помимо некоторых других характеристик, от ширины зазора между концами лопастей шнека и отверстием в корпусе клапана. На рынке имеются поворотные клапаны, подходящие для такого применения. Однако ширина зазора будет увеличиваться в результате износа, хотя и медленнее, чем в случае с корпусом или необработанным углем. Техническое обслуживание, которое обеспечило бы эффективность функции изоляции, как правило, не может быть обеспечено персоналом цементного завода.

В принципе возможны клапанные замки, имеющие EPSR, с двумя клапанами, движение которых чередуется так, что в любой момент времени один из них закрыт. Однако настоящее время ни один поставщик не разработал дизайн и не провел необходимые типовые испытания, которые

* См. часть I статьи: Цемент и его применение. 2023. № 1. С. 90—97.

** EPSR (explosion pressure shock resistance) — устойчивость оборудования и сооружений к давлению взрыва и ударным нагрузкам.

позволили бы вывести такое оборудование на рынок.

Конусообразный бункер рукавного фильтра и газоход над приемным бункером насоса не должны соединяться U-образным шнековым конвейером, деформация плоских крышек которого или их отделение от основания приведут к образованию пылевого облака вблизи поврежденного места. Для этого подходит шнековый конвейер с цилиндрическим корпусом, имеющий необходимую EPSR. Сочетание таких конвейеров в неизношенном состоянии с поворотным клапаном позволяет локализовать область взрыва, а когда ширина зазора между наконечниками лопастей шнека и отверстием корпуса увеличится в результате износа, оно по-прежнему будет обеспечивать не идеальную, но все же достаточную взрывозащищенность (т. е. будет относиться к «серой зоне» конструктивной взрывозащиты).

В случае рукавного фильтра с несколькими конусообразными бункерами конфигурация шнекового конвейера будет сложной, и в большинстве случаев потребуются устанавливать взрывозащитные устройства под выпускным отверстием каждого такого бункера.

Часто приемные бункеры насоса бывают соединены с фильтром обеспыливания азрационного воздуха. Это неправильно, поскольку в результате создается еще один набор сообщающихся сосудов, в которых может произойти взрыв пыли. Для правильной защиты такой конфигурации необходимо было бы установить ряд средств локализации и разведения при взрыве.

Необходимо установить небольшой фильтр, имеющий необходимую EPSR, непосредственно на приемный бункер. Такие фильтры доступны на рынке. Емкость, подобная приемному бункеру с EPSR, рассчитанной на избыточное давление 9–10 бар, не должна соединяться с другой емкостью. Соединение шнекового конвейера между фильтром и приемным бункером требует взрывозащиты, что является достаточно сложной задачей.

Для систем шнековых конвейеров, соединяющих рукавный фильтр и силос пылеугольного топлива, ситуация несколько иная. Эти силосы обычно оснащены взрыворазрядными устройствами и рассчитаны на такое ослабленное давление взрывной волны p_{red} , которое возникает в наихудшем случае.

В отличие от соединений с приемными бункерами насосов, обеспечивающих EPSR при давлении 9–10 бар, система взрывозащиты в соединении между рукавным фильтром и силосом (силосами) пылеугольного топлива должна предотвращать последствия взрыва при избыточном давлении 0,1–0,4 и 2 бар при распространении взрывной волны сверху и снизу соответственно.

Соединять силосы пылеугольного топлива между собой газоходом (см. рис. 2) неправильно.



Рис. 1. Схема силоса пылеугольного топлива с отдельно расположенным фильтром



Рис. 2. Силос пылеугольного топлива с отдельно расположенным фильтром

Оборудование для отбора проб. Часто упускают из виду, что пробоотборники будут подвергаться воздействию давления взрывной волны. В случае взрыва в системе через них будут распространяться пламя и давление, и их части могут разлетаться в разные стороны. И конструкция пробоотборников, и их расположение в системе помолла должны обеспечивать безопасность.

Силос (силосы) пылеугольного топлива. Прежде всего такие силосы ни в коем случае не следует устанавливать внутри здания или частично закрытого сооружения. В этом нет необходимости. Удачная конструкция с хорошим водоотводом с крыши или с площадки на крыше не пострадает даже от очень сильного дождя.

Поскольку такие силосы обычно имеют конструкционную взрывозащиту в виде установленных взрыворазрядных устройств, и поскольку поток воздуха обычно направлен вверх, расположение силосов внутри зданий или частично закрытых конструкций приводит к изменению направления газового потока, обеспечивающему отвод воздействий, обусловленных взрывом, из здания или сооружения без возникновения факторов опасности или повреждений.

Хотя существуют возможности спроектировать конфигурацию взрыворазрядного устройства так, чтобы поток воздуха отклонялся для безопасного выхода, существует и множество возможностей ошибиться в этом. Опыт показывает, что, к сожалению, часто все идет не так, как надо.

Первые промышленно изготовленные взрыворазрядные устройства для силосов были предназначены для угольных силосов, и они представляли собой взрывозащитные

двери. В отличие от разрывных мембран и заслонок такие двери при правильной конструкции и расположении будут закрываться повторно. Их взрыворазрядный элемент представляет собой откидную крышку, которая опускается обратно в закрытое положение под действием силы тяжести.

К сожалению, в промышленности можно найти множество примеров неэффективных, а зачастую и опасных конструкций взрывозащитных дверей.

Давно стало ясно, что необходимо снова закрывать силосы после срабатывания взрывозащиты, так как после взрыва в них следует ожидать пожара. Из окружающей атмосферы или газоходов не должен поступать кислород, поддерживающий горение, а если для аварийной инертизации используются CO_2 или N_2 , то не должно быть их утечки в атмосферу.

Нужно, чтобы взрыворазрядные устройства, снова закрывшиеся после взрыва, позволяли предотвратить повреждение защищаемого силоса, обусловленное возникшим в нем разрежением. Основная причина разрежения заключается в том, что часть воздуха, первоначально находившегося в силосе над столбом угля и имевшего давление, равное атмосферному, в результате теплового расширения при взрыве и пожаре покидает силос. Поэтому в корпусе взрывозащитных дверей удачной конструкции имеются пружинные открывающиеся внутрь створки, называемые вакуумными выключателями. Стандарт EN 14491 содержит уравнение для расчета их размеров.

Необходимость взрывозащиты при транспортировке угольной пыли в силос механи-

ческой системой обсуждалась выше. Если пылеугольное топливо перемещают с помощью пневмотранспорта (обычно под избыточным давлением), не следует использовать циклон, поскольку в таком случае силос и циклон представляли бы собой сообщающиеся емкости, что усложнило бы конструкционную взрывозащиту.

Для очистки от угольной пыли воздуха, вытесняемого из силоса во время его загрузки, используют рукавный фильтр. Количество такого воздуха невелико при механической транспортировке пыли и значительно в случае пневмотранспортировки при избыточном давлении.

Если рукавный фильтр не является встроенной частью силоса пылеугольного топлива, то установка представляет собой взаимосвязанные емкости. Такой вариант расположения фильтра (рис. 1 и 2) сложнее с точки зрения взрыво- и пожарозащиты.

В отличие от встроенного фильтра, отдельно расположенный фильтр должен иметь EPSR к воздействию неослабленного давления взрыва (такую же, как и силос) или оснащаться одним или несколькими взрыворазрядными устройствами. Тогда при взрыве в силосе давление взрывной волны в фильтре будет таким же, как ее давление в силосе, ослабленное за счет срабатывания взрыворазрядного устройства. Отдельно расположенный фильтр нужно оснастить средствами мониторинга CO и подключить к системе аварийного инертирования. Кроме того, обычно отдельно расположенный фильтр имеет по крайней мере два, а очень часто и три соединения с другими сооружениями и оборудованием, нуждающиеся в специальной защите (см. рис. 1):

- в месте всасывания запыленного воздуха из силоса в фильтр (1) необходимо как минимум устройство разъединения при взрыве;
- патрубок (2) выгрузки уловленной пыли из фильтра в бункер должен оснащаться устройством локализации области взрыва;
- если вентилятор (3) не имеет EPSR, между пыльной камерой и вентилятором требуется как минимум устройство разъединения, поскольку возможен взрыв в пыльной камере.

К сожалению, такого рода комбинации силоса с отдельно расположенным фильтром почти никогда не проектируются правильно.

Для встроенного фильтра нужна только EPSR, так как взрыворазрядными устройствами оснащена сам силос. Системы контроля содержания CO в силосе и его аварийной инертизации в этом случае охватывают и фильтр.

Патрубок отвода чистого воздуха из фильтра должен оснащаться клапаном дистанционного управления. Это позволяет при необходимости изолировать силос от атмосферы, чтобы предотвратить потерю газа-инерта (CO₂ или N₂). Во время запол-

нения силоса таким газом будет несколько возрастать давление. Оно не должно превысить давление, при котором открылись бы взрывозащитные двери. Для этого клапан дистанционного управления в выпускном патрубке фильтра должен управляться датчиком давления так, чтобы клапан оставался открытым до тех пор, пока не будет превышено определенное значение давления в силосе. Функция управления должна включаться только во время аварийного инертирования.

Часто возникает еще одна аномалия — вентилятор фильтра создает столь сильное разрежение в силосе, что вакуумные выключатели взрывозащитных дверей постоянно остаются открытыми. Очень часто мощность вентилятора и его энергопотребление чрезмерно больше необходимых значений.

Контрольно-измерительные приборы и аварийная инертизация, необходимые для защиты от пожара и взрыва

Помимо металлодетекторов и механизмов отделения металла от угля-сырца иногда используется спринклерная система пожаротушения, устанавливаемая над конвейерными лентами. Детекторы дыма в пылеулавливающих фильтрах узлов перегрузки почти никогда не устанавливаются.

Установка спринклерной системы и поддержание ее в хорошем состоянии не вызывают никаких возражений. Но когда пожар возникает вблизи разгрузочного конца конвейера угля-сырца, может оказаться, что интенсивно окисляющийся уголь уже был сброшен в угольный силос. Это может привести к развитию очень опасных сценариев, и необходимо обеспечить предотвращение такой ситуации.

На тех заводах, где уголь-сырец иногда может интенсивно окисляться на складе, даже в случаях, когда меры предосторожности приняты, они очень редко регулируются документированными правилами, способствующими эффективным реакциям на такую ситуацию.

Датчики температуры Pt100. Датчики Pt100, выпускаемые на основе платиновых элементов, имеющих электрическое сопротивление 100 Ом при температуре 0 °C, дают вполне достоверную информацию только при измерении температуры воздуха, например, в силосе. Когда такой датчик погружен в уголь, температура, которую он надежно измеряет, — это только температура угля в области, ограниченной расстоянием приблизительно до 120 мм от зонда датчика. Уголь имеет низкую теплопроводность. Следовательно, всегда необходима некоторая корректировка результатов измерения температуры в столбе сыпучего угля, и получить полную картину ее распределения не удастся.

Газоанализаторы. Минимальным необходимым является следующий набор газоана-

лизаторов для контроля содержания O₂ и CO в технологическом воздухе:

- O₂ на входе в мельницу,
- O₂ на выходе из рукавного фильтра,
- CO на выходе из рукавного фильтра,
- CO в верхней части силоса (силосов) пылеугольного топлива.

При использовании «химических» газоанализаторов требуется их частая повторная калибровка, а срок их эксплуатации — всего несколько лет. Предпочтительны инфракрасные газоанализаторы.

В некоторых случаях один комплект анализаторов можно использовать для контроля двух или трех единиц оборудования (например, силосов пылеугольного топлива).

Когда силосы угля-сырца или пылеугольного топлива подключены к системе аварийной инертизации, имеет смысл установить комбинированный анализатор CO и O₂. Ход аварийной инертизации отслеживается по содержанию O₂.

Аварийная инертизация. Газ-инерт (CO₂ или N₂) должен быть доступен в достаточном количестве с возможностью его подачи с необходимым расходом в любое время. Нередко на промышленных предприятиях контроль доступного количества газа-инерта в хранилище недостаточен и ненадежен. На данные мониторинга можно полагаться только в том случае, если резервуар или комплекты газовых баллонов установлены с возможностью их взвешивания.

Жидкий CO₂ должен надлежащим образом испариться, прежде чем он поступит в распределительные линии.

Основная функция системы аварийного инертирования всегда заключается в быстром снижении содержания O₂ в элементе оборудования или в секции системы, в которые вводится газ-инерт.

Аварийное инертирование должно быть включено в систему управления системой помола угля. Концепцию, лежащую в основе этих элементов управления, нужно хорошо продумать. Например, следует предусмотреть возможность изолировать определенные не слишком крупные секции с помощью клапанов.

Операторам должна быть хорошо известна эта концепция, и они должны быть обучены правильным действиям, когда возникает необходимость в экстренном инертировании. В качестве альтернативы его можно полностью автоматизировать.

Датчик давления. Оборудование, в котором в результате аварийной инертизации может повыситься давление, что приведет к открытию отверстий взрыворазрядных устройств, должно быть оснащено датчиком давления, который только во время аварийной инертизации управляет предохранительным клапаном. Давление нужно сбрасывать исходя из того, насколько это необходимо (чтобы не срабатывали взрыворазрядные устройства), но как можно меньше (чтобы не расходовать газ-инерт).