

# Предотвращение аварийных ситуаций подачей газов-инерттов $\text{CO}_2/\text{N}_2$

**РЕФЕРАТ.** Рассмотрены устройство и принцип действия аварийных систем компании Yara, обеспечивающих инертную среду для предотвращения взрыво- и пожароопасных ситуаций. Используются 4 базовые модели с резервуарами высокого и низкого давления  $\text{CO}_2$  и система с баллонами. Приведены примеры использования аварийных систем на цементных заводах в России, Азербайджане, Молдове и Кении.

## О компании Yara

Yara International ASA является международной компанией, работающей в промышленных отраслях от производства пищевой продукции до борьбы с загрязнением атмосферы газообразными отходами. Крупнейший поставщик минеральных удобрений, аммиака и производитель широкого диапазона химической продукции, фирма предлагает новые и инновационные решения в области предотвращения и улавливания выбросов.

Уже более 30 лет Yara поставляет «под ключ» системы подачи газов-инерттов  $\text{N}_2$  и  $\text{CO}_2$ , которые служат для предотвращения взрыво- и пожароопасных ситуаций при достижении критичных концентраций опасных компонентов. Каждая система проектируется и изготавливается исходя из потребностей конкретного заказчика. В настоящее время на всех 5 континентах работают более 400 систем. При этом строго соблюдаются местные правила и нормы, которые играют важную роль в расчете и реализации систем, основанных на 4 базовых моделях:

- система с резервуаром  $\text{CO}_2$  высокого давления;
- система с резервуаром  $\text{CO}_2$  низкого давления с испарителем;
- система  $\text{CO}_2$  высокого давления батарейного типа;
- система высокого давления с  $\text{N}_2$  в баллонах.

## Процесс создания инертной среды

Факторы риска, возникающие вследствие возникновения так называемых горячих точек, или медленно развивающихся пожаров, неожиданные спонтанные возгорания и взрывы являются скрытой угрозой при хранении и транспортировке тонкоизмельченных горючих материалов.

На международном уровне для предотвращения взрывов следует руководствоваться правилами ATEX. Кроме этого, используются также документы CEN/TR 15281, VDI 2263-2 и BGV C15. В качестве эффективного превентивного средства используются технологические системы с применением газов-инерттов. Эти газы имеют низкую реакционную способность и снижают концентрацию кислорода до уровня ниже критического. Газы-инертты предотвращают возникновение критических рабочих условий и, следовательно, происходящих в результате взрывов и пожаров.

Эффективность различных газов-инерттов оценивается согласно документу VDI 2263, часть 2:

1. диоксид углерода  $\text{CO}_2$ ;
2. водяной пар;
3. дымовые газы;
4. азот  $\text{N}_2$ ;
5. инертные («благородные») газы – Ar.

При концентрации кислорода ниже определенного уровня взрыв смеси невозможен, независимо от содержания пыли. Таким образом, абсолютно нет необходимости замещать весь кислород газом-инертном. Создание инертной среды является защитой от возможного взрыва представляющей опасность пылевоздушной смеси.

Все находящиеся под давлением устройства отвечают требованиям документа EC European Pressure Equipment Directive PED 97/23/EC, а также российских нормативных документов – СНИПов, ТУ и ГОСТов.

## Создание инертной среды в системах помола угля

Установки для создания инертной среды предотвращают взрыв пыли и возникновение пожаров в силосах, угольных мельницах и фильтровальном оборудовании, создавая в

них инертную атмосферу. В случае сигнала, подаваемого при превышении содержания  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$  или температуры, автоматически, с помощью контроллера PLC, начинается создание инертной среды. Таким образом, измерение и мониторинг этих параметров абсолютно необходимы.

При нормальном режиме работы создание инертной среды начинается вместе с появлением дыма от печного агрегата или от генератора горячего газа во время работы угольной мельницы. В случае аварийного прерывания работы, запуска или остановки угольной мельницы подается газ-инерт. Цель состоит в снижении предельной концентрации кислорода (ПКК) до такого уровня, чтобы из-за недостатка кислорода взрыв уже не смог произойти. ПКК – это самая высокая концентрация кислорода в газовой смеси, при которой взрыв невозможен при любой концентрации пыли.

Максимально допустимая концентрация кислорода (МДКК) для безопасности приблизительно на 2-3% ниже величины ПКК. Этот показатель зависит от вида используемого угля, и его нужно определять индивидуально с помощью специалистов. Например, для лигнита (бурый уголь) ПКК составляет около 12% (об.), а для каменного угля – около 14% (об.).

Гашение тлеющего пожара возможно лишь при концентрации кислорода не выше 2 – 3%, причем в этом случае инертнизацию нужно повторить до 3 или 4 раз в зависимости от величины ПКК при первой подаче газа.

Описанный выше метод носит название метода смешивания, однако существует и метод продувки. В этом случае газ-инерт вводятся с максимальной возможной скоростью, т.е. с высоким входным импульсом, в различные части системы, которую нужно подвергнуть инертнизации. В результате возникает сильная турбулентность, которая обеспечивает тщательное перемешивание и оптимальное подавление.

Высокая скорость подачи достигается за счет использования специальных сопел, через которые газ-инерт подается под определенным давлением с распределительной станции. Количество и размер сопел рассчитывают, исходя из геометрического объема агрегата, который нужно защитить.

Схема расположения и исполнение механических и электрических компонентов системы соответствуют промышленному стандарту YARA.

Расчет необходимого количества газа проводят на основе указанных ниже критериев, которые разработаны на основе стандартов безопасности для установок измельчения угля в сотрудничестве с ведущими производителями цемента - Lafarge, Holcim, Cemex, HeidelbergCement, а также европейскими специалистами и изготовителями установок для помола угля:

- максимальный необходимый объем газа-инерта должен храниться с 2–3-кратным запасом, дополнительно к двойному запасу в качестве страхового резерва;
- расходование максимально потребного объема газа-инерта возможно в течение одного часа.

Необходимое количество газа-инерта рассчитывается исходя из общего объема системы помола угля.

### Система CO<sub>2</sub> с резервуаром высокого давления

Резервуары высокого давления для диоксида углерода (рис. 1) обладают большой вместимостью и компактными размерами. В основном они используются в странах со значительными сезонными колебаниями температуры – с теплым летом и холодной зимой (Европа, Россия, Центральная Азия, Центральная и Южная Америка).

Резервуар служит хранилищем сжиженного CO<sub>2</sub>, из которого его подают в газообразной форме. Максимальное рабочее давление составляет 80 бар, а этот резервуар работает в диапазоне от 50 до 70 бар.

Для поддержания рабочего давления в диапазоне от 50 до 65 бар зимой предусмотрено до трех подогревателей с максимальной мощностью 19 кВт каждый. В условиях повышенных летних температур резервуар рекомендуется охлаждать либо при помощи воды (максимальная температура +25°C), либо устанавливая его в помещении с кондиционированием воздуха (макс. температура +28°C). Имеются резервуары с объемом хранения от 3 т до 15 т CO<sub>2</sub>. В первый час заполненность резервуара высокого давления составляет от 30 до 40%, в зависимости от давления в сосуде. Температура и давление CO<sub>2</sub> зависят друг от друга. При интенсивной подаче больших объемов газа-инерта для регенерации и повышения давления требуется время, которое зависит от температуры окружающей среды и мощности установленного нагревателя.

Резервуар всегда заполняется глубоко охлажденным CO<sub>2</sub> из танкера с максимальным давлением 20–25 бар, которому соответствует жидкий углекислый газ при температуре от – 20 °С до – 29 °С.

Контроль уровня CO<sub>2</sub> и давления осуществляется с помощью сигнала в диапазоне 4–20 мА, который приходит от электроме-

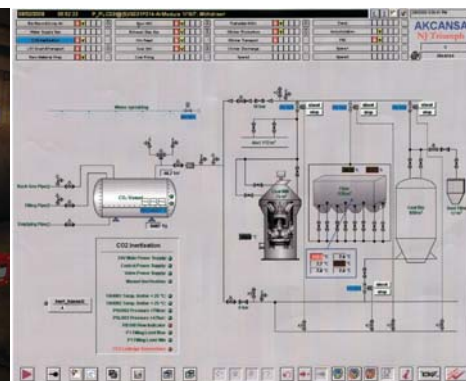


Рис. 1. Система CO<sub>2</sub> с резервуаром высокого давления и визуальным отображением на блоке контроллера PLC (цементный завод Акканса - Canakkale компании Heidelberg Cement в Турции)

ханического взвешивающего устройства и датчика давления. Система регулирования емкости для хранения CO<sub>2</sub> является, по сути, «черным ящиком».

Клапан отбора газа из емкости соединен с распределительной станцией. Эта станция представляет собой стойку, на которой размещены редукторы давления и индивидуальные электромеханические клапаны для подачи газа во взрывоопасные участки системы помола угля. На этой же стойке установлен блок управления станцией. В рабочем режиме CO<sub>2</sub> подают из емкости в заранее намеченные участки системы, где он и вытесняет кислород.

Процесс создания инертной среды запускается системой управления более высокого уровня (контроллером PLC), установленным в помещении диспетчерской. Эта система контролирует уровень содержания CO, температуру и концентрацию кислорода в процессе помола и на складе угольной пыли.

Шкаф электроавтоматики запроектирован по техническому заданию заказчика, и он отдельно управляет и контролирует резервуар CO<sub>2</sub> и распределительную станцию. Электроуправление резервуара работает автономно и контролируется с помощью цепей управления. В частности, происходит мониторинг давления и уровня жидкости.

Системы управления с обменом сигналов при помощи Profibus, который установлен в

электрический шкаф для связи с контроллером PLC, причем он полностью интегрирован в центры управления более высокого уровня.

### Система создания инертной среды с резервуаром CO<sub>2</sub> низкого давления, испарителем и распределительной станцией

Данная система (рис. 2) объединяет в себе преимущества хранения газа в контролируемых условиях с использованием новейшей технологии. В основном эти системы используются в тех регионах, где температура не падает ниже +5°C, т.е. в Азии, на Ближнем Востоке, в Африке, Центральной и Южной Америке или Австралии. Вместимость емкости для газа зависит главным образом от размера испарителя и температуры окружающего воздуха.

Существуют резервуары различных типов-размеров для хранения от 4 до 22 т CO<sub>2</sub>. Объем и количество испарителей определяются расчетом. Газ хранится в условиях глубокого холода, который обеспечивается с помощью встроенного охладителя. Для максимальной подачи газа резервуар оборудован дополнительным нагревательным элементом для восстановления давления. Аналогично резервуару высокого давления, описываемая емкость оборудована электрическим взвешивающим устройством и датчиками давления, сигналы которых через устройство Profibus DP и модуль оптической связи поступают на совре-



Рис. 2. Система с резервуаром CO<sub>2</sub> низкого давления, испарителем и распределительной станцией на цементном заводе Bamburi компании Lafarge в Кении

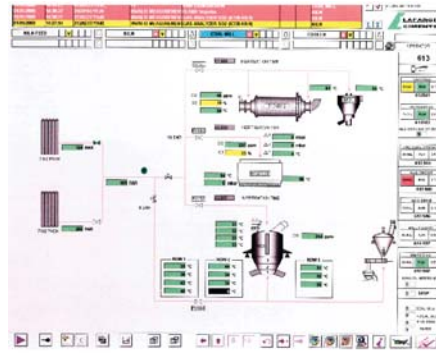


Рис. 3. Система с баллонами N<sub>2</sub> высокого давления и с распределительной станцией на цементном заводе компании Lafarge в г. Резина, Молдова

менную систему PLC, установленную на пульте в диспетчерской завода.

**Система создания инертной среды с баллонами N<sub>2</sub> высокого давления**

Эта система (рис. 3) используется в том случае, когда расход азота находится в диапазоне от небольшого до среднего, или в тех странах, где нет соответствующей инфраструктуры и отсутствует доставка диоксида углерода или азота автоцистернами. Системы очень компактны и оборудованы так же, как и установки с использованием датчиков давления. Установки с емкостями азота под высоким давлением оборудованы стандартными металлическими баллонами N<sub>2</sub> для подачи газа-инерта и могут быть использованы почти

во всех странах мира. Колебания давления, вызываемые климатическими условиями, не играют какой-либо роли, и поэтому наружное расположение установок под крышей, как правило, достаточно.

**Текущие проекты Yaga в России и Азербайджане**

**Система создания инертной среды с резервуаром CO<sub>2</sub> высокого давления на 10 т и с распределительной станцией для цементного завода Garadagh компании Holcim в Азербайджане.** Швейцарская компания Holcim строит сейчас новый современный цементный завод в Азербайджане, около Баку. Годовая производственная мощность новой линии составит 1,7 млн. т цемента в

год. Топливом для печи и декарбонизатора будет служить угольная пыль, получаемая на помольной установке. Для предотвращения возможных взрывов Yaga поставляет систему создания инертной среды с использованием CO<sub>2</sub>, в соответствии с новейшими стандартами промышленной безопасности компании Holcim, которые также одобрены и азербайджанскими властями. Как ожидают, пуск нового цементного завода состоится в 2011 году.

**Система создания инертной среды высокого давления с резервуаром CO<sub>2</sub> на 10 т и с распределительной станцией для цементного завода компании HeidelbergCement в Туле, Россия.** HeidelbergCement Group, крупнейший инвестор строительного сектора Восточной Европы, в настоящее время строит новый цементный завод в Туле с годовой производительностью 2 млн. т. В качестве топлива будет использоваться угольная пыль, полученная на заводской помольной установке. Для предотвращения возможных взрывов Yaga поставляет новую современную систему создания инертной среды на основе CO<sub>2</sub>, которая отвечает требованиям последних стандартов HeidelbergCement по промышленной безопасности, а также требованиям российских СНИПов, ТУ и ГОСТов. Газ-инерт может подаваться в вертикальную мельницу с сепаратором, фильтр мельницы, а также в два силоса для хранения пылевидного угля. Пуск нового завода запланирован на III квартал 2010 года.