

## Передовая техника фирмы REMBE® GmbH для защиты оборудования объектов хранения и переработки растительного сырья

*Р. Бунзе (REMBE® GmbH, Германия)*

### Основы взрывозащиты

Везде, где в процессе промышленного производства выделяется легко воспламеняющаяся пыль, есть опасность возникновения пожаров и взрывов. Особенно часто взрывы, наносящие огромный ущерб производству и обслуживающему персоналу, случаются в местах накопления мельчайшей пыли на фильтрах и в аспирационных системах.

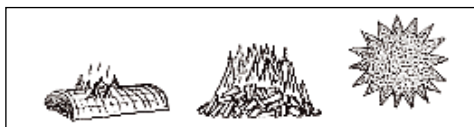
Три обязательных компонента пожара или взрыва:

- источник воспламенения;
- горючее вещество (пыль в определенной концентрации);
- кислород.

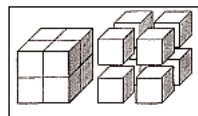
Взрыв пыли возможен лишь в том случае, если она находится во взвешенном состоянии. Опасность взрывов пыли заключается в мгновенном освобождении огромного количества энергии, имеющей в этом случае несколько иное значение, чем при пожаре: при взрывах возникает большое избыточное давление, способное привести к частичному или полному разрушению оборудования и зданий, а в худшем случае – к несчастным случаям со смертельным исходом.

Огромная потенциальная энергия сконцентрирована в «бесконечном» количестве частичек пыли, с уменьшением размера которых увеличивается поверхность вступающего в реакцию вещества, а значит, и энергия взрыва.

Скачок давления в закрытой системе может достигать 1 МПа (10 бар).



ТЕМПЕРАТУРА ДАВЛЕНИЕ



## Последствия

За разрушение оборудования и зданий в первую очередь ответственна взрывная волна. Силосы, фильтры, элеваторы выдерживают, как правило, скачок давления от 20 до 100 кПа (0,2–1,0 бар). При этом возможна деформация корпусов. Более высокое давление приводит к вскрытию аппаратуры и тем самым к распространению огня в рабочие помещения. Накопившиеся там частички пыли, поднятые взрывной волной в воздух, загораются, и в результате в здании может произойти вторичный взрыв.



Элеватор после взрыва пыли (Франция, 1997 г.)

## Меры предотвращения

Большое значение придается предупреждению взрывов. Если хотя бы один элемент из «взрывного треугольника» (горючее вещество (пыль), кислород (воздух) или источник воспламенения) отсутствует, взрыв не произойдет.

Горючий материал (чаще всего это продукт) невозможно исключить из производства. Кислород всегда присутствует в воздухе, и исключить его из процесса можно только путем огромных затрат («инертизирование»). При этом необходима постоянная подача инертного газа, например азота.

Значит, необходимо устранить источники воспламенения, которыми чаще всего являются:



- искры, возникающие при механических работах (резка, сварка, шлифование);
- искры электрического происхождения (включение приборов, короткое замыкание);
- раскаленные поверхности (неисправные подшипники, высокая температура из-за трения);
- открытый огонь (прямая сушка, курение).

При хорошей организации производства и обучении персонала многих из перечисленных факторов можно избежать, но устранить все невозможно, так как некоторые из них являются частью процесса.

Например, нельзя исключить источники воспламенения на мельницах. В таких случаях не обойтись без конструктивной защиты.

## **Конструктивные меры защиты**

### **Прочное исполнение оборудования**

Одна из конструктивных мер – надежное противовзрывное исполнение оборудования, рассчитанного на максимальное взрывное давление. Все части оборудования (корпуса, вентиляторы, дозирующие элементы и т.д.) должны быть рассчитаны на максимальное давление 1 МПа (10 бар). Однако для массивного толстостенного исполнения оборудования необходимо большое количество металла, а высокие инвестиции могут себе позволить далеко не все предприятия.

### **Подавление взрывного давления**

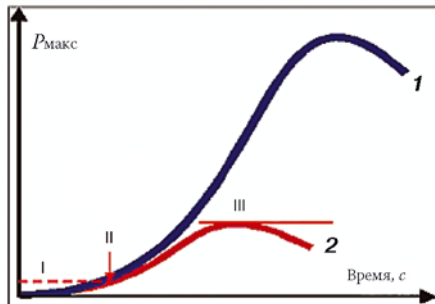
На начальной стадии взрыв можно минимизировать путем раннего распознавания его (с помощью детекторов давления и пламени) и быстрой подачи (вдувания) порошка тушения. Этим способом можно настолько снизить взрывное давление, что оборудование останется неповрежденным. Важно, чтобы при этом взрыв был опознан при минимальных давлениях (приблизительно 35–50 гПа (35–50 мбар)). Однако при переработке сырья часто происходит ошибочное срабатывание, и порошок, предназначенный для тушения пожара, вбрасывается в установку. Это влечет за собой длительный процесс чистки и соответственно простои. Кроме того, всю систему подавления, как активную систему, нужно постоянно проверять на работоспособность. Промежутки между очередными проверками

ми, которые могут выполнять только техники фирмы-изготовителя данной системы подавления взрыва, – три или шесть мес., т.е. это значительные расходы для предприятий.

### Снятие взрывного давления

Снятие взрывного давления – концепция пассивной защиты. Давление взрыва открывает определенную расчетную площадь емкости, и происходит его сброс. Таким образом освобождается примерно 80–90 %

энергии взрыва. Давление в системе падает, и разрушения не происходят. Размеры необходимых площадей вскрытия рассчитывают с применением эмпирических уравнений, которые отражены в действующих правилах и директивах (например, в VDI-директивах 3673 «Снятие давления при взрывах пыли», Европейские нормы prEN 14797 «Системы снятия давления при взрывах пыли»).



#### Протекание взрыва пыли:

**1** – без снятия давления (~ 1 МПа (10 бар);  
**2** – с взрывозащитой: давление (I) и время (II) вскрытия мембраны; III – максимальное давление при срабатывании мембраны

Давление вскрытия взрыворазрядной мембраны составляет, как правило, 10 кПа (0,1 бар). Это должно быть подтверждено сертификатом производителя, так как действенность мер защиты зависит в основном от выдерживания заданных границ отклонения. Например, повышение давления срабатывания на 3 кПа (0,03 бар) может привести к повышению редуцированного взрывного давления приблизительно на 50 кПа (0,5 бар), т.е. из-за, казалось бы, небольшого повышения давления оборудование будет частично или полностью разрушено.

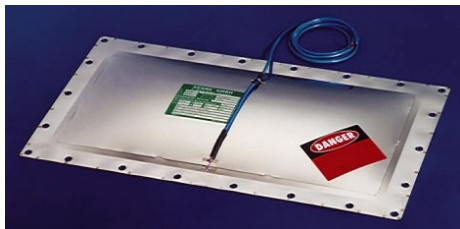
Поэтому к применению так называемых взрыворазрядных мембран из полиэтилена надо подходить особенно критически. Если давление срабатывания мембраны из полиэтилена будет действительно точно 10 кПа (0,1 бар), то сам полиэтилен будет так тонок, что его промышленная устойчивость, а значит, срок годности не могут быть гарантированы. В таблице показано давление срабатывания обычного полиэтилена в сравнении с профессиональными взрыворазрядными мембранами.

Материал	Толщина, мм	Давление вскрытия, кПа (бар)	Площадь вскрытия, м <sup>2</sup>	Погрешность, %
PE-Folie (полиэтилен)	0,3	10 (0,1)	0,5	30
То же	0,15	10 (0,1)	0,5	25
«	0,06	10 (0,1)	0,5	25
REMBE-мембрана (коррозионно стойкая сталь)	0,8–1,5	10 (0,1)	0,5	15

Вошедшее в практику применение простой алюминиевой жести вместо проверенных и сертифицированных взрыворазрядных мембран в высшей степени опасно. Часто для обеспечения требуемого срока службы используют алюминиевую жесть толщиной 0,3–0,4 мм. Ожидаемое давление вскрытия в этом случае, в зависимости от величины отверстия, будет приблизительно 200–300 кПа (2–3 бар), что более чем в 4 раза превышает устойчивость оборудования. Сделанные вручную надрезы (или ослабление) лишь минимально влияют на процесс вскрытия. Применение таких мембран опасно, так как обязательно приведет к разрушению установки с угрозой жизни людей.

Испытанные и сертифицированные взрыворазрядные мембраны с давлением вскрытия 10 кПа (0,1 бар)  $\pm$  15 % – это антикоррозионные, устойчивые к внешним условиям мембраны из коррозионно стойкой стали, которые благодаря рассчитанным и размеченным местам срабатывания вскрываются точно при необходимом для защиты давлении. Рабочие условия (вакуум, температура, солнечный свет, ветер) не влияют на давление срабатывания и надежность металлических мембран REMBE. Эти мембраны уже более 30 лет работают в самых жестких условиях во всем мире и хорошо зарекомендовали себя. Им не требуется технический уход, и нет необходимости замены их на другие, если они не сработали. Даже после длительной эксплуатации оборудования они вскрываются точно в пределах указанных для них отклонений, надежно и без дополнительных расходов защищая оборудование. Конструктивные меры защиты не должны мешать промышленному процессу и требовать значительных расходов на технический уход. Для защиты фильтров, больших силосов предлагаются круглые и прямоугольные взрыворазрядные мембраны. Соответственно крепости исполнения оборудования рассчитывается величина мембраны

по указанным выше директивам. Устанавливают ее с помощью уголковых рам непосредственно на корпус аппаратуры.



**REMBE-мембрана с сигнальным кабелем**



**ECO-Q-16 – Q-труба – подавляющая система DN 400 с интегрированным пылевым и пламенным фильтрами**

Если оборудование находится внутри здания, необходимы отводные каналы, чтобы вывести взрывную волну наружу. Так как это во многих случаях невозможно, используют ECO-Q-трубу® как систему для беспламенного снятия взрывного давления. Таким путем можно надежно и экономично защитить оборудование, особенно мельницы, мешалки, небольшие фильтры на современных установках. Это относится как к новому оборудованию, так и к оборудованию, устанавливаемому при дооснащении предприятия в соответствии с вновь вводимыми требованиями.

ECO-Q-труба® как система беспламенного снятия взрывного давления внутри зданий была испытана во многих признанных испытательных центрах (институтах) соответствующего профиля. Кроме того, она акцептирована и признана страховыми компаниями США. Имеются документы испытаний.



**Свободное снятие давления с помощью мембраны с выбросом пламени**

Дальнейшие исследования описанного (единственного в своем роде) экономичного способа защиты привело к развитию системы Q-Вох с использованием ECO-Q-трубы®.

При помощи компьютерного моделирования вскрытия мембраны во время снятия взрывного давления, стало возможным оп-

КБ

тимизировать фильтр пламени. Новая конструктивная форма, совпадающая по размерам со стандартной прямоугольной мембраной, позволяет перейти к совершенно новой ценовой структуре, так что и большие площади вскрытия, например на силосах и фильтрах, теперь стали дешевле.

Особенно эффективна для защиты норий и подающих систем в помещении Q-Vox, не требующая технического ухода.

Экономически правильное использование рабочего помещения играет все большую роль. Часто из-за этого трудно или даже невозможно установить отводные каналы. Применение Q-Vox внутри помещений позволяет осуществить беспламенное снятие взрывного давления, а значит, освободить полезную площадь рабочего помещения.

Этой системой можно оснастить как старое оборудование, так и новое. Невысокое инвестирование в сочетании с выигрышем в рабочей площади позволят одновременно с обеспечением безопасности установки повысить ее экономичность.



**Беспламенное снятие взрывного давления с помощью Q-Vox**