

Огневые предохранители

Т. Хайдерман, доктор технических наук, начальник Конструкторского Бюро PROTEGO

Развитие огнезащитной техники

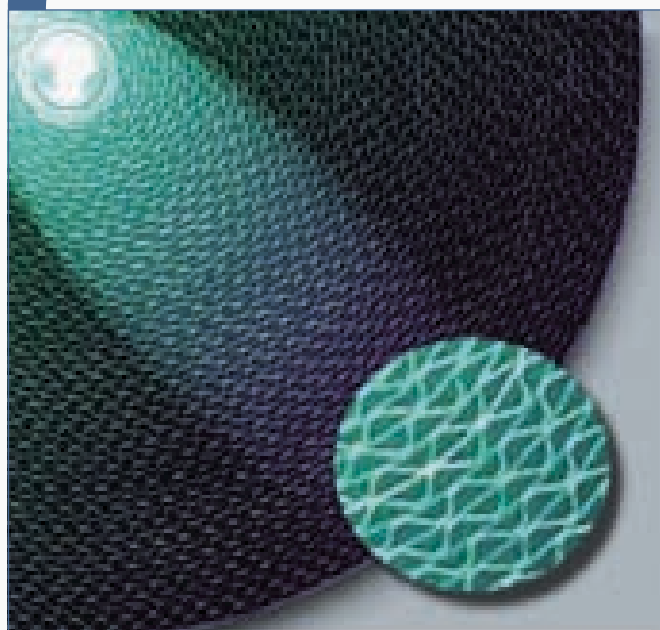
Огневые предохранители защищают взрывоопасные промышленные установки от воздействия взрывов. Уже в начале XIX века в горной промышленности была доказана эффективность защиты от возможных взрывов в местах скопления метана с помощью решета Дэви. Это стимулировало поиск защиты от взрывов значительно более опасных смесей газов, таких, как например, углеводороды, для обеспечения безопасности современных промышленных установок.

Для обеспечения первых автомобилей горючим было необходимо строительство автозаправочных станций. Однако, при их эксплуатации возникла проблема, которая состояла в том, что в резервуарах и наливных комплексах скапливались взрывоопасные пары, которые при смеси с воздухом могли воспламениться. В результате возросших требований к безопасному обращению со взрывоопасными средами, компаниями-поставщиками топлива была форсирована разработка арматуры для защиты от взрывов.

Первый успех был достигнут при применении тигеля, заполненного гравием, который был установлен на резервуар с горючим. В заполненном гравием тигеле воспламенение из атмосферы или же из закрытого трубопровода останавливалось, и пламя гасилось. Однако, применение такого тигеля имело недостаток, состоявший в том, что потери давления проходящей смеси в нём были высоки, а его способность к гашению пламени не воспроизводилась серийно. Уже в 1929 году было запатентовано новое изобретение, в котором вместо гравия была использована намотанная стальная лента (*рис. 1*). В это же время была запатентована и разработана защитная арматура с удароуловителем, которая реагировала даже на небольшие потери давления и могла гасить детонационную ударную волну, распространяющуюся в трубопроводе. Это была первая противодетонационная арматура PROTEGO®, разработанная Робертом Ляйнеманом. Своё имя она получила, однако, намного позже – после основания в 1954 году фирмы Брауншвайгер Фламменфильтер.

С дальнейшим развитием химических технологий ужесточились и требования к безопасности, и нормы по охране окружающей среды – соответственно, изменились и требования к защитной арматуре. Например, согласно действующим правилам, образующийся в результате про-

Рис. 1.



мышленных процессов газ должен быть утилизирован без вреда для окружающей среды в специальных установках. Новым рискам необходимо противопоставить новые, все более надёжные средства защиты.

Процессы горения

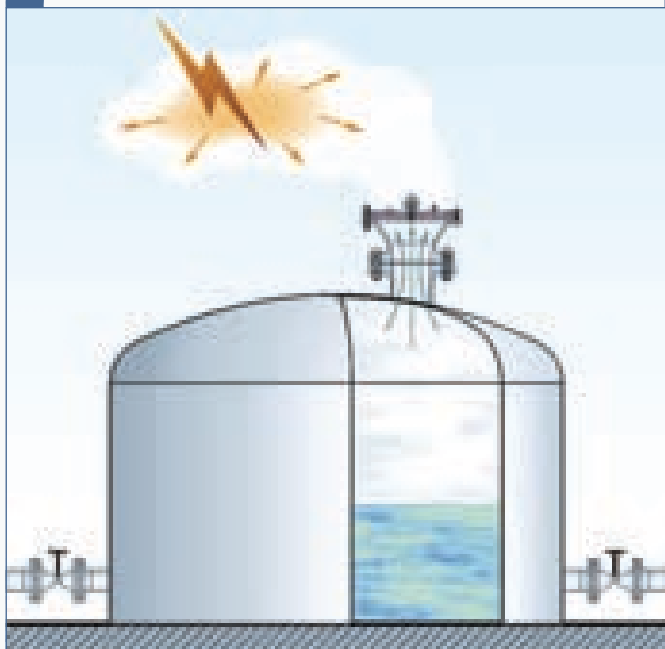
Взрывоопасные смеси могут гореть различными способами. Влияние на процесс оказывают разные факторы, такие как химический состав смеси, возможная ударная волна, предварительное сжатие, геометрические параметры области горения, а также скорость распространения огня.

Согласно международным стандартам, с точки зрения применения огневых предохранителей, различают следующие процессы горения.

Взрыв – это внезапный процесс окисления или химического распада веществ со стремительным ростом температуры или давления, или же тем или иным одновременно (см. EN1127-1:1997).

Дефлаграция – это взрыв со скоростью распространения ниже звуковой (EN1127-1:1997). В зависимости от геометрических размеров области горения существуют различные типы дефлакации: атмосферная, объёмная (в закрытом пространстве), трубная (в трубах).

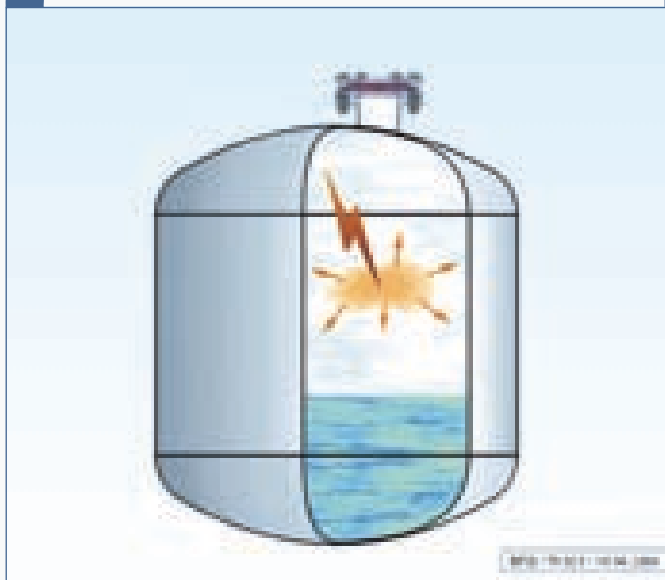
Рис. 2.



Атмосферная дефлаграция (рис. 2) – это взрыв в открытом пространстве без какого-либо возрастания давления (также называется вспышкой).

Объёмная дефлаграция (рис. 3) – это взрыв в закрытом пространстве (например, в резервуаре).

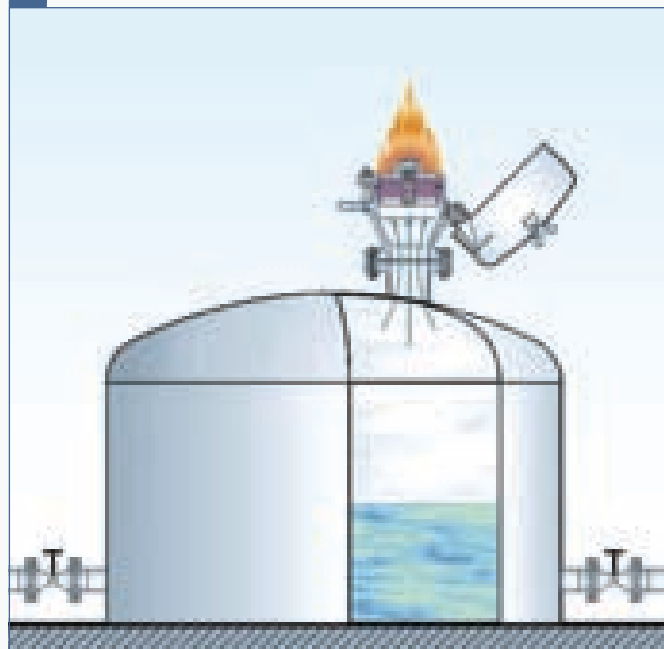
Рис. 3.



Трубная дефлаграция – это взрыв в трубном пространстве, который распространяется со скоростью ниже скорости звука.

Стабильное горение – это равномерное горение на огневом стопоре или недалеко от него. При этом различают кратковременное горение (стабильное горение в течение определённого времени) и длительное горение (неограниченное по времени стабильное горение) (рис. 4).

Рис. 4.



Детонация – это взрыв, распространяющийся со сверхзвуковой скоростью и характеризующийся ударной волной (EN1127-1:1997). При этом различают стабильную и нестабильную детонацию (рис. 5).

Детонация называется стабильной, если она распространяется с постоянной скоростью и давлением (скорость распространения пламени обычно составляет от 1600 м/с до 2000 м/с). Переход процесса горения от дефлаграции к стабильной детонации называется нестабильной детонацией. Переход от дефлаграции к нестабильной детонации происходит в пространственно ограниченной области, в которой скорость распространения огня не постоянна, а давление намного превышает значение при стабильной детонации.

Рис. 5.

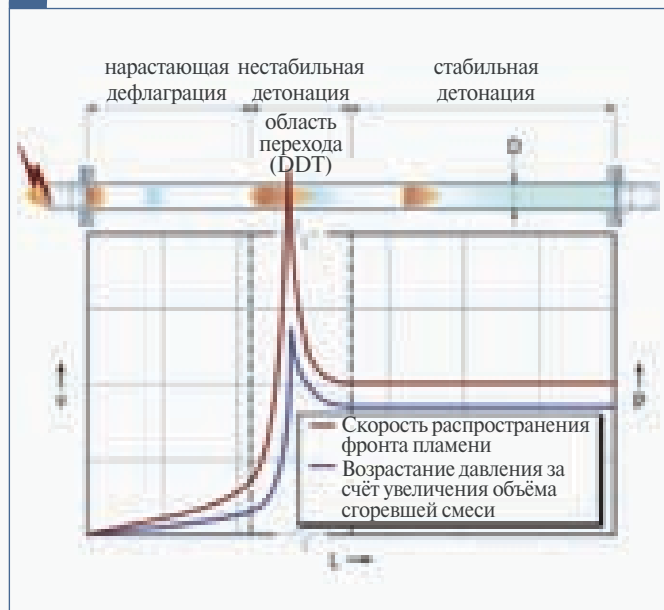
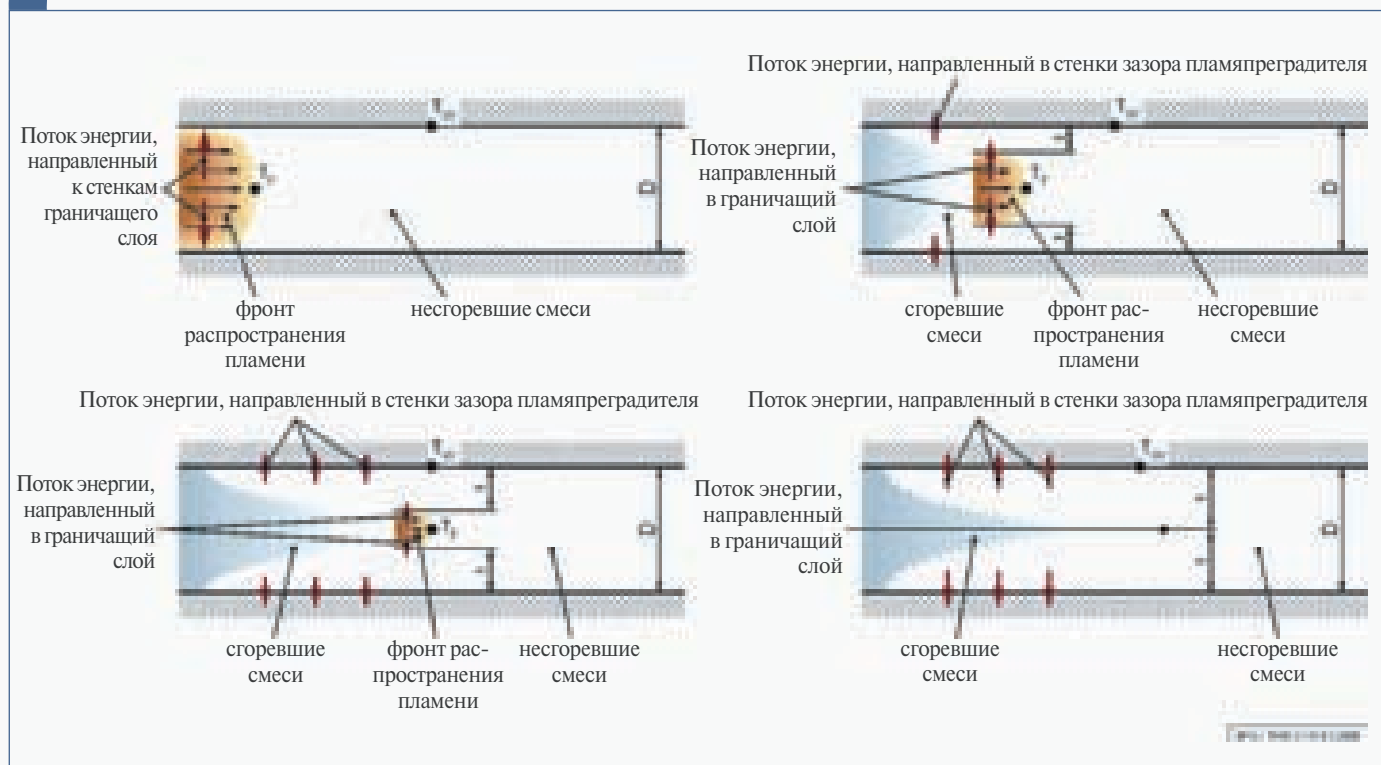


Рис. 6.



Примечание: пространственная область, в которой происходит переход, является статически невоспроизводимой и зависит от типа газовой смеси, её давления и температуры, геометрии трубы и т.п. Область перехода необходимо определять отдельно для каждого конкретного случая.

Основные типы огневых предохранителей

Огневой предохранитель – это устройство, которое монтируется на открытой части установки или в трубопроводе, соединяющем части установки. В огневом предохранителе предусмотрена возможность свободного

прохождения рабочей смеси и защита от прорыва пламени в защищаемую область установки.

Пламяпреградитель (рис. 8а) или стопор пламени – это часть огневго предохранителя, главной функцией которого является предотвращение проникновения пламени в защищаемую систему. В технологии PROTEGO® используются разборные кассеты огневго предохранителя, состоящие из корпуса и закрепленных в нем пламяпреградительных дисков, между которыми вставлены прокладочные пластины (рис. 8б).

В зависимости от конструкции установки и условий её работы используют дефлаграционный или детонационный предохранитель, которые при необходимости могут быть оснащены защитой от кратковременного или длительного горения.

Огневые предохранители различаются по процессам горения (длительное горение, дефлаграция, детонация и др. варианты) и по типу монтажа (конечные огневые предохранители, объёмные огневые предохранители, трубные предохранители).

Различают следующие группы огневых предохранителей:

- а) статический сухой огневой предохранитель,
- б) статический жидкостный огневой предохранитель,
- с) динамический огневой предохранитель.

Принцип действия

а) статический сухой огневой предохранитель

Пламяпреградитель (ленточный предохранитель) PROTEGO® FLAMMENFILTER® представляет собой металлические ленты, накрученные спирально, между

Рис. 7. Огневой предохранитель PROTEGO

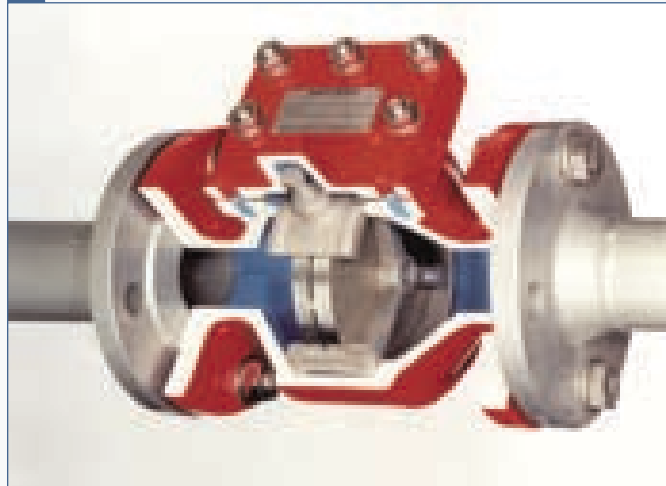
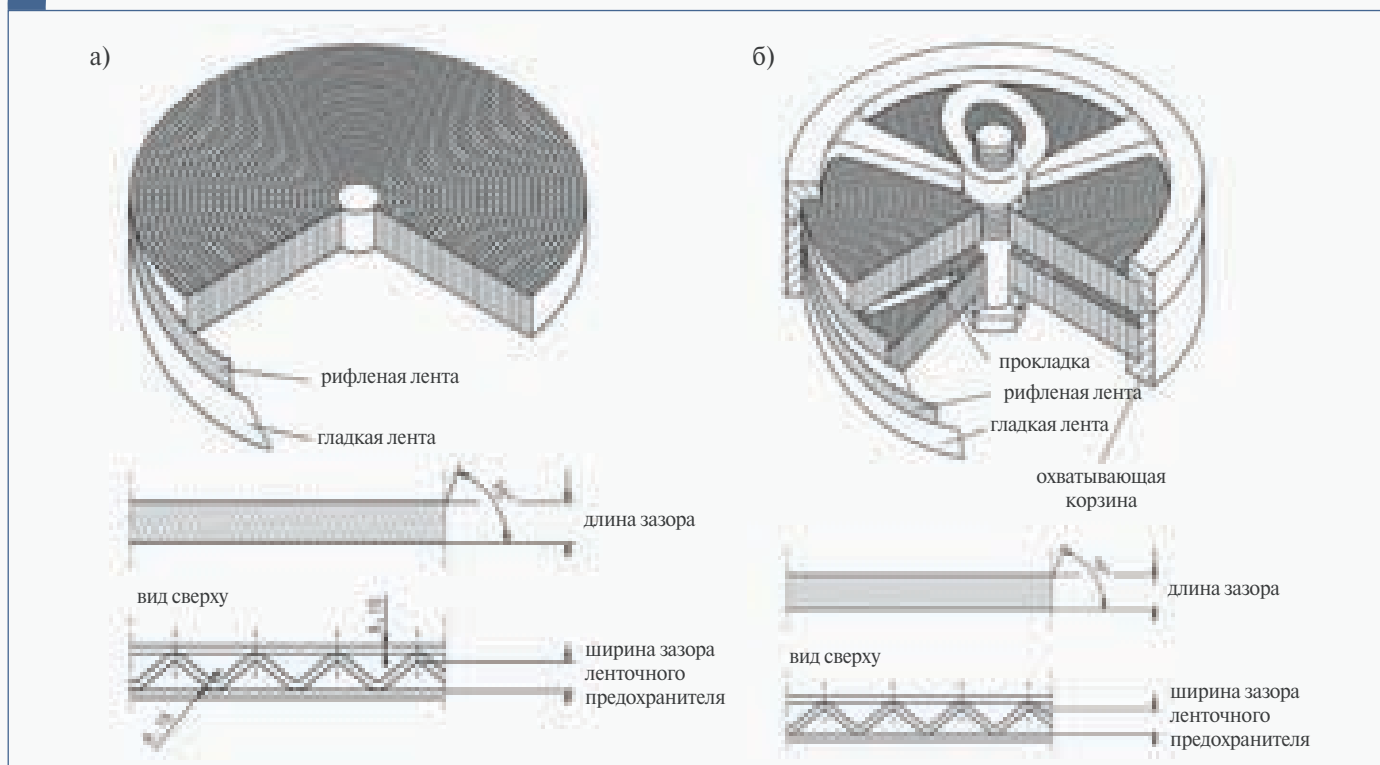


Рис. 8.



которыми имеются гасящие пламя воздушные зазоры, размер которых должен соответствовать степени взрывоопасности рабочей среды.

При воспламенении рабочей смеси пламя распространяется в воздушном зазоре в направлении несгоревших смесей. При этом объемное расширение сгорающих смесей приводит к ускорению фронта горения.

Процесс гашения пламени происходит через отвод энергии в граничном слое из-за большого соотношения между поверхностью зазора к его диаметру. Потеря энергии на поверхности зазора приводит к снижению температуры до значения, лежащего ниже, чем температура возгорания среды (рис. 6).

Таким образом, ширина зазора и его глубина определяют способность пламяпреградителя к гашению пламени. Чем уже и длиннее зазор, тем выше его способность к гашению пламени. Однако, слишком узкий и длинный зазор приводит к потере рабочего давления рабочей субстанции. Это приводит к необходимости оптимизации выбора между способностью арматуры к гашению пламени и её влиянию на эксплуатационные процессы.

б) статический жидкостный огневой предохранитель

Жидкостный огневой предохранитель – это погруженная в жидкую среду арматура, работающая по принципу сифона, гидрозатвор которой в случае дефлаграции или детонации служит гасителем пламени. Различают два типа жидкостных огневых предохранителей.

В предохранителях первого типа рабочая жидкость защищаемой установки применяется в качестве гид-

розатора, т.е. является гасителем пламени. Такой тип арматуры называется жидкостным противодетонационным предохранителем и применяется для защиты трубопроводов.

В предохранителях второго типа гидрозатвором является вода, и они называются погружёнными предохранителями. Их применяют не только как трубные предохранители, но и как предохранители для защиты от обратного распространения пламени при сжигании отработанных промышленных газов.

с) динамический огневой предохранитель

При соблюдении нормальных условий эксплуатации в динамическом огневом предохранителе среда имеет на определённом участке арматуры скорость потока, которая лежит выше скорости турбулентного фронта распространения пламени. Это предотвращает распространение пламени в обратном направлении. (Этот принцип находит применение, например, в мембранном клапане на избыточное давление и высокоскоростном PROTEGO®.) Такие клапаны должны закрываться немного раньше, чем скорость прохождения смеси упадёт ниже критического значения.

Образцы огневых предохранителей проходят тщательное тестирование как защитные системы, и поэтому они маркируются буквами СЕ в соответствии с европейскими нормами 94/9/EG. Испытания проводятся согласно европейскому стандарту EN12874. Успешное тестирование согласно другим международным стандартам также маркируется на арматуре.

Статья подготовлена к публикации ЗАО «ТяжПромКомплект»