

Устройства для предотвращения пожаров и тушения горящих жидкостей

**В.И. Потякин, к.т.н., ведущий инженер СКБ
ОАО "Приборный завод "Тензор", г. Дубна**



Процесс тушения пожаров, связанных с горением легково-спламеняющихся и горючих жидкостей, является весьма сложной технической задачей. Это обусловлено большими скоростями распространения пламени по поверхности разлившейся жидкости, высокой интенсивностью процесса горения, большой задымленностью помещений и значительными размерами поверхности горения.

Для решения этой проблемы, в Дубне были проведены экспериментальные и теоретические исследования по особенностям горения жидкостей в ограниченных пространствах [1 - 4], в результате которых были найдены новые технические решения, обеспечивающие надежную локализацию и эффективное подавление пожаров без применения обычных средств и способов тушения.

На основе этих решений разработано несколько типов устройств для самотушения горящих жидкостей. Эти устройства имеют различное назначение и могут применяться в качестве:

- полов для самотушения проливов горящих жидкостей;
- средств предотвращения и подавления пожаров в емкостях и резервуарах;
- средств для самотушения металлов щелочной группы.

Все разработки относятся к процессам горения, протекающим в газовой фазе. Эффективность работы устройств подтверждена многочисленными экспериментами, проведенными во ВНИИПО МВД РФ, в которых использовались различные типы горючих жидкостей, получаемых на нефтеперерабатывающих предприятиях. Крупномасштабные испытания устройств самотушения, проведенные в полигонных условиях, подтвердили их способность эффективно работать в условиях длительного теплового воздействия от горящих потоков жидкостей.

Процесс свободного горения подавляющего большинства жидкостей, таких

как углеводородные топлива, масла, мазуты и т.п., протекает в газовой фазе. При этом, зона горения располагается на некотором расстоянии от горящей поверхности жидкости и существование пламени возможно только при вполне определенных внешних условиях, обеспечивающих этот процесс. Прежде всего, необходимо наличие естественно-конвективных потоков воздушной среды, поставляющих в достаточном количестве окислитель в зону горения, а также наличие процесса испарения с поверхности жидкости, создаваемого излучением пламени, и поставляющего горючее в зону горения. Эти физические процессы находятся в неразрывной взаимосвязи и если каким-либо способом нарушить эти условия существования пламени, то можно получить эффект его потухания.

Прекратить процесс горения жидкости можно за счет снижения концентрации кислорода в окружающей среде до значений (~ 14% по объему), при которых горение становится невозможным, или за счет уменьшения температуры горящей поверхности жидкости до значений, при которых резко уменьшается процесс ее испарения. Кроме того, подавление процесса горения может быть достигнуто за счет уменьшения интенсивности естественно-конвективных потоков воздуха, поставляющих окислитель в зону пламени.

Во всех разработанных устройствах для самотушения жидкостей используется принцип подавления естественной конвекции с помощью ряда конструктивных приемов, которые приводят к удалению пламени от поверхности жидкости. В результате, в значительной степени нарушаются теплообмен в зоне горения, создающий эффект тушения.

Наилучшим образом эти условия достигаются в вертикальных каналах, имеющих в поперечном сечении осесимметричную форму (например, равносторонний треугольник, квадрат, шестигранник, круг и т.п.), а также в плоских, горизонтально расположенных слоях, образованных двумя параллельными плоскостями, установленными на определенном расстоянии друг от друга. В частности, этими плоскостями могут являться металлические сетки, структура которых непроницаема для естественно-конвективных потоков воздуха.

Вертикальные каналы изготавливаются из листовой стали, и в сборке они представляют собой ячеистую структуру, в которой реализуется эффект тушения пламени (см. **фото 1**).

Для каждой сборки вертикальных каналов существует вполне определенная, критическая для процесса горения высота, которая не заполняется жидкостью, и если ее уровень располагается ниже этой высоты, то будет полностью исключена возможность горения жидкости во всех вертикальных каналах. При этом, критическая высота незаполняемой части каналов функционально связана с их диаметром.

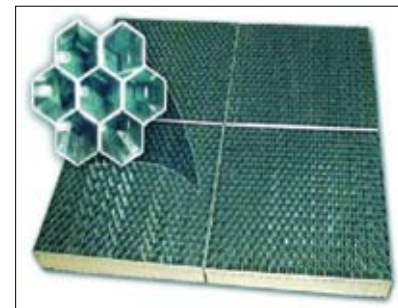


Фото 1 Ячеистая структура вертикальных каналов устройства самотушения горящих жидкостей

Для устройств самотушения, состоящих только из блоков вертикальных каналов определены основные соотношения:

$\frac{H}{d_{\text{эк}}} = K$ (1) при которых происходит абсолютно надежное подавление процесса пламенного горения жидкостей.

Здесь H - высота незаполняемой части каналов, $d_{\text{эк}}$ - эквивалентный диаметр одного канала:

$d_{\text{эк}} = \frac{4F}{P}$ (2) где F - площадь поперечного сечения канала, P - периметр сечения. Например, для эфиров показатель K имеет достаточно большие значения ($K \geq 11$).

$\frac{H\sqrt{L}}{v} = 0,74 \frac{LS^{0,42}}{v^2} \frac{v^{0,28}}{\alpha} \frac{T_k - T}{T_k}^{-2,12}$ (3) При проектировании устройств самотушения, состоящих из сборки вертикальных каналов, размещенных в открытых емкостях, следует пользоваться следующими соотношениями:

$$3,2 \cdot 10^{10} \leq \frac{LS}{v^2} \leq 1,6 \cdot 10^{12};$$

$$0,32 \leq \frac{T_k - T}{T_k} \leq 0,95;$$

$$31,1 \leq \frac{v}{\alpha} \leq 300$$

Параметры, входящие в выражение (3), измеряются в следующих пределах:

Здесь H - высота незаполняемой части вертикальных каналов,

L - удельная теплота испарения жидкости,

S - площадь поперечного сечения одного канала,

v - кинематическая вязкость жидкости при нормальных условиях,

α - температуро-проводность жидкости при нормальных условиях,

T_k - температура кипения и штатная температура жидкости.

Это соотношение следует применять в области малых значений $d_{\text{эк}}$ (от 10 до 40 мм).

Аналогичное соотношение получено для относительно больших значений $d_{\text{эк}}$ в интервале от 40 до 900 мм [1, 3]. Наличие двух зависимостей, характеризующих процесс потухания пламени, объясняется изменением структуры конвективных потоков в каналах с большим поперечным сечением.

При расчетах площадь поперечного сечения канала определялась по формуле

$$S = \frac{\pi d_{\text{эк}}^2}{4}$$

Таким образом, зная теплофизические параметры жидкости, входящие в соотношение (3), и, задав значение $d_{\text{эк}}$, можно рассчитать параметр H .

Основываясь на приведенной выше методике расчета, разработано два варианта пламягасящих устройств, предназначенных для сборки и монтажа полов подавляющих процесс горения жидкостей.

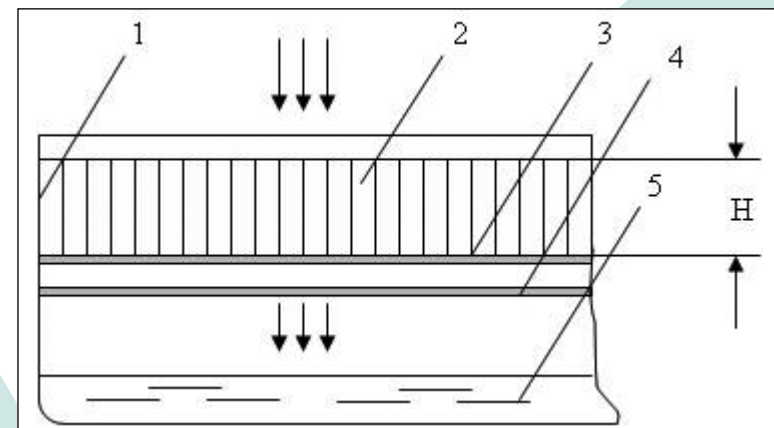


Рис. 1 Принципиальная схема конструкции пламягасящего устройства:

1 - стенка емкости или приемка для горючей жидкости;
2 - вертикальные каналы устройства; 3, 4 - металлические сетки;
5 - горючая жидкость

На рисунке 1 представлена принципиальная схема первого варианта устройства [2].

Данная конструкция устройства характеризуется тем, что на нижней поверхности ячеистой структуры вертикальных каналов установлен пламяотсекающий элемент, состоящий из металлических сеток, образующих плоский горизонтально расположенный, теплоизолирующий газовый слой, высотой, не превышающий 10 мм. При этом, определены параметры сеток [2], при которых для текущей жидкости они практически не оказывают сопротивления и в то же время являются непроникающей преградой для естественной конвекции газовой среды. Функциональное назначение сеток состоит в следующем. Верхний слой сеток обеспечивает надежное отсекание пламени от жидкости, падающей или стекающей в пламягасящее устройство. Нижний слой сеток предотвращает поступление воздуха в теплоизолирующий газовый слой, реализуя тем самым эффект тушения в объеме газового слоя. С применением сеток существенно повысилась эффективность тушения, а также упростился процесс изготовления и сборки устройства.

На рисунке 2 представлен второй вариант пламягасящего устройства, - основного элемента сборки и



Фото 2 Полы для самотушения горящих жидкостей

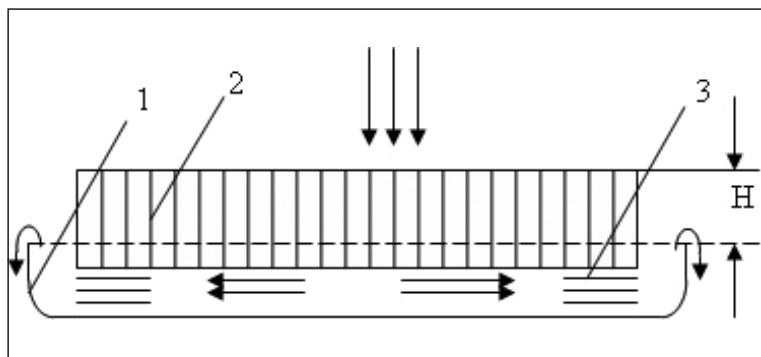


Рис. 2 Принципиальная схема конструкции пламягасящего элемента:
1 - нижняя пластина пламяотсекающего устройства;
2 - сборка вертикальных каналов;
3 - пламяотсекающая сборка горизонтальных пластин

монтажа полов для самотушения горящих жидкостей (см. **фото 2**).

Каждый элемент полов для самотушения горящих жидкостей, принципиальная схема которого изображена на **рисунке 2**, включает в себя следующие основные части:

- нижнюю пластину устройства, изготовленную в форме плоской емкости (ее вертикальные стенки позволяют создавать уровень жидкости в сборке вертикальных каналов, при котором высота незаполняемой жидкостью части будет равна **H**);
- сборку вертикальных каналов, высота незаполняемой части которых рассчитана по формуле (3) (в этой части устройства осуществляется подавление процесса горения при неподвижном состоянии жидкости, которое создается после окончания пролива);
- пламяотсекающую сборку горизонтальных пластин, обеспечивающих ликвидацию процесса горения текущей жидкости при малых ее расходах (эта сборка расположена в нижней плоскости структуры вертикальных каналов по всему периметру).

Второй вариант конструкции пламягасящего устройства, предназначенного для сборки полов самотушения жидкостей, также обладает высокой эффективностью тушения и отличается лишь большей прочностью конструкции, что особенно важно в процессе сборки и монтажа полов.

Устройства для самотушения горящих жидкостей могут применяться в качестве эффективных средств, исключающих возможность загораний поверхности жидкости, находящейся в больших емкостях и резервуарах. При этом используется только одна ячеистая структура вертикальных каналов без дополнительных устройств.

Эта структура размещается на поверхности жидкости таким образом, чтобы выполнялось условие, при котором высота незаполняемой части вертикальных каналов была равна **H**.

Возможно также размещение устройств самотушения под поверхностью жидкости. В этом варианте при возникновении пожара производится управляемый слив относительно небольшого количества жидкости и, при прохождении ее уровня через сборку вертикальных каналов, происходит ликвидация процесса горения.

Рассмотренные выше результаты теоретических и экспериментальных разработок должны найти широкое применение на предприятиях химической и нефтехимической промышленности, на различных транспортных средствах, на складах горюче-смазочных материалов, хранилищах жидких топлив, на электростанциях и т.п.

Литература:

1. Авторское свидетельство СССР №787046, кл А 62, с 3/12, 1980.
2. Патент на изобретение №2252804. Приоритет изобретения от 08.01.2003 г.
3. Авторское свидетельство СССР №1463317, кл А62, с 3/12, 1988.
4. Потякин В.И., Еремин В.И., Гребенек И.М. "Устройство для самотушения горящих при проливе жидкостей". Пожарная техника. Расчеты проектирование. Сб. научных трудов. М. ВНИИПО, 1987, стр. 100-107.