



# Применение устройств самотушения и предотвращения загораний горючих жидкостей



**Потякин В.И.**



**Бельков А.А.**

Специальное конструкторское бюро ОАО «Приборный завод «ТЕНЗОР»

Устройство самотушения и предотвращения загораний горючих жидкостей (УСП) – это новое, надежное и высокоэффективное средство борьбы с аварийными ситуациями, возникающими в процессе использования, хранения и переработки горящих жидкостей.



**УСП обеспечивает как эффективное пожаротушение горящих жидкостей, так и предотвращение их загораний за счет подавления процесса газофазного горения. Конструкция обеспечивает полное самоподавление процесса горения при падении горящего потока жидкости и его прохождении внутри каналов устройства, а также надежную локализацию пролива и предотвращение разбрызгивания падающих горящих потоков жидкости. УСП является энергонезависимой системой, не требующей постоянного технического обслуживания, находящейся в постоянной готовности, срабатывание которой не зависит от исправности средств, обеспечивающих извещение о возникновении пожара. Процесс тушения с помощью УСП осуществляется без участия человека, не предусматривает применение традиционных средств и способов тушения горящих жидкостей, а также сводит к минимуму задымленность помещений.**

В настоящее время на предприятиях применяют ряд конструктивных способов, частично ограничивающих развитие пожаров. Например, маслопроводы АЭС проектируются из бесшовных труб с минимальным количеством фланцевых соединений. Фланцевые соединения закрываются специальными кожухами, препятствующими разбрызгиванию и разливу масла при нарушении герметичности. Маслопроводы отгораживаются от горячих источников защитными металлическими коробами. Под маслonaполненным оборудованием устанавливаются поддоны, из которых масло может стекать в резервную емкость. Также предусматривается и управляемый слив масла в аварийных ситуациях. Однако подобные меры защиты не являются средствами тушения горящих при проливе жидкостей и полностью не решают проблемы обеспечения пожарной безопасности предприятий.

Процесс тушения пожаров, связанных с горением легковоспламеняющихся 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.

На основании исследований, проведенных СКБ «Тензор» совместно с ВНИИПО МЧС РФ, найдены новые технические решения, обеспечивающие надежную локализацию проливов горящих жидкостей и эффективное подавление пламени. Разработано несколько типов устройств самотушения горящих жидкостей, отличающихся друг от друга конструктивными решениями, обусловленными условиями практического их применения.

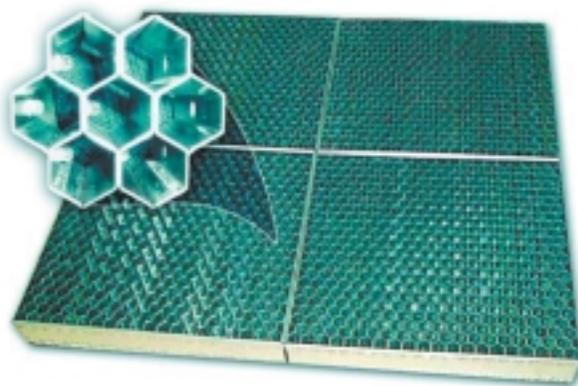
### **Физические принципы процесса тушения пламени и работы основных элементов УСП**

Процесс свободного горения большинства жидкостей, являющихся продуктами нефтепереработки (углеводородные топлива, масла, мазуты и т.п.) протекает в газовой фазе – диффузионном режиме горения. В этом случае зона горения располагается на некотором рас-

стоянии от горячей 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 потухания.

Во всех разработанных устройствах для самотушения горящих жидкостей используется принцип подавления естественной конвекции с помощью ряда конструктивных приемов, которые нарушают необходимые условия существования пламени, создавая условия для его отрыва от поверхности жидкости. Наилучшим образом эти условия достигаются в вертикальных каналах, имеющих в поперечном сечении осесимметричную форму, а также в плоских газовых слоях, образованных двумя параллельными плоскостями, установленными на определенном расстоянии друг от друга.

Этими плоскостями в УСП являются металлические сетки, непроницаемые для естественно-конвективных потоков газовой среды. При определенных геометрических параметрах они обладают уникальными свойствами. На течение жидкостей сетки практически не оказывают сопротивления и, в то же время, являются непроницаемой преградой для потоков естественной конвекции. Также металлические сетки способны устранять процесс разбрызгивания горячей струи жидкости и, одновременно, отсекают от нее пламя. Ранее эти свойства металлических сеток не использовались для подавления процесса диффузионного горения жидкостей.



Вертикальные каналы изготавливаются из листовой стали и в сборке они представляют собой ячеистую структуру, в которой реализуется эффект тушения пламени. 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.

Физические принципы, лежащие в основе УСП, детально изложены в [1 – 5].



## Основные, наиболее вероятные условия горения жидкостей в аварийных ситуациях

Можно выделить три основных варианта горения жидкостей, приводящих к сложным пожарам, ликвидировать которые чрезвычайно трудно:

1. Горение жидкости, возникшее в различного рода емкостях стационарно открытых, а также горение в закрытых емкостях, возникшее при воспламенении паров жидкости.
2. Горение жидкости, разлитой при аварии на поверхность полов помещений, сопровождающееся высокой температурой пламени и большой скоростью распространения пожара.
3. Горение потоков жидкости, падающих и стекающих в виде горящих струй, например, из емкостей или трубопроводов, расположенных выше уровня полов.

Для борьбы с описанными аварийными ситуациями разработаны три основных типа УСП.

### Основные типы УСП

**УСП-1** состоит только из ячеистой структуры вертикальных каналов без применения сеточных элементов. Основным назначением этого устройства является предотвращение загораний в открытых емкостях и баках, наполненных горючими жидкостями.

На рис.1 показана принципиальная схема размещения УСП-1 в емкости.

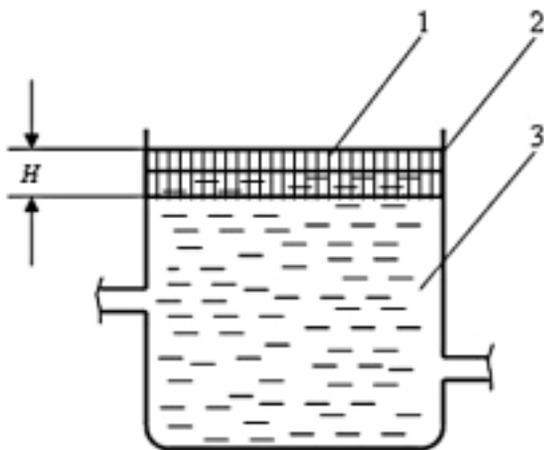


Рис. 1

Схема размещения УСП-1 в емкости.

- 1 – вертикальная ячеистая структура каналов, 2 – стенки емкости, 3 – горячая жидкость

Если в производственном технологическом процессе уровень жидкости не изменяется, то, в этом случае, с помощью УСП-1 полностью исключается возможность поджога и загорания поверхности жидкости.

Если уровень жидкости в емкости изменяется во времени в определенных относительно небольших пределах, то при определении общей высоты вертикальных каналов  $H$ , следует учесть и максимальную высоту колебаний уровня жидкости.

В резервуарах, постоянно задействованных в процессе слива и наполнения нефтью или нефтепродуктами, когда достаточно часто изменяется уровень жидкости, возможно применение плавающего варианта УСП.

Методика расчета параметров УСП детально изложена в [1].

**УСП-2** состоит из ячеистой структуры вертикальных каналов и слоя металлических сеток, расположенных на верхней горизонтальной поверхности этой структуры. Основное назначение устройства – подавление пламени горящей жидкости, находящейся в баках, емкостях и резервуарах. УСП-2 устанавливаются в емкости под поверхностью жидкости. На рис. 2 приведена принципиальная схема конструкции устройства и его размещения в емкости.

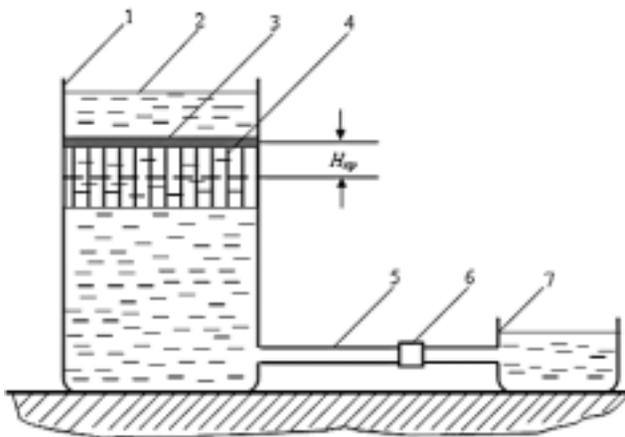


Рис. 2

Принципиальная схема конструкции и расположения УСП-2 в емкости.

- 1 – емкость, 2 – поверхность горючей жидкости, 3 – металлические сетки, 4 – вертикальные каналы, 5 – трубопровод, 6 – запорное устройство, 7 – резервная емкость

При возникновении пламени на поверхности жидкости 2 в емкости 1 открывается запорное устройство 6 и осуществляется частичный слив жидкости по трубопроводу 5 в резервную емкость 7. Горящая поверхность жидкости опускается вниз и проходит через УСП-2. В это время размеры пламени быстро уменьшаются, и при достижении уровня  $H_{кр}$ , процесс горения полностью прекращается.

Параметры металлических сеток, размещенных на верхней плоскости вертикальной ячеистой структуры, следует рассчитывать по методике, изложенной в [1].

УСП-2 должно устанавливаться на небольшом расстоянии от поверхности жидкости с учетом возможных колебаний уровня жидкости. Если предполагается, что в аварийной ситуации возможно разрушение верхней части емкости или значительное изменение ее геометрической формы, то в этом случае в емкости следует устанавливать нижний дополнительный слой УСП-2, который гарантированно остановит процесс горения.

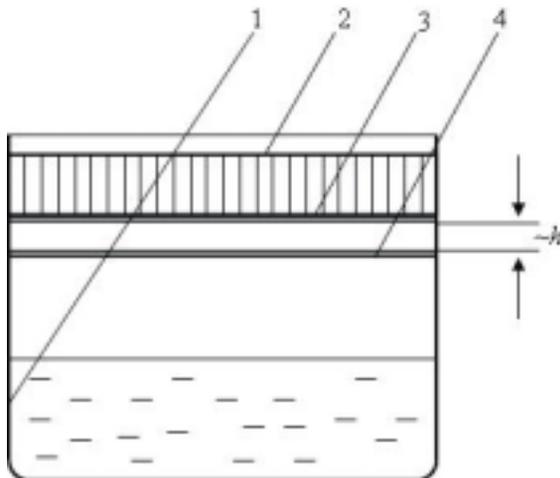
При проектировании всей системы пожаротушения необходимо рассчитать (см. [1]) время тушения, которое будет зависеть от количества жидкости, сливаемой в резервную емкость, для того чтобы ее уровень достиг



первого или, например, второго яруса УСП-2. Длительность слива будет зависеть, в основном, от диаметра трубопровода для слива его длины и уровня расположения резервной емкости.

**УСП-3** состоит из ячеистой структуры вертикальных каналов и нескольких слоев металлических сеток, расположенных в плоскости нижнего среза этой структуры. Этот тип устройства самотушения предназначен для ликвидации процесса горения падающих потоков жидкости, образующихся в аварийных ситуациях.

На рис. 3 приведена принципиальная схема конструкции устройства и показано его поперечное сечение. УСП-3 размещается в открытой металлической емкости 1 и состоит из двух основных элементов: горизонтального слоя осесимметричных вертикально расположенных каналов 2, образующих ячеистую структуру, и слоя, образованного металлическими сетками, плотно прилегающего к нижней части ячеистой структуры вертикальных каналов. Слои сеток 3 и 4 должны быть расположены таким образом, чтобы между ними образовался плоский газовый слой толщиной  $h \leq 10$  мм.



**Рис. 3**

Принципиальная схема конструкции и расположения УСП-3 в емкости.

1 – емкость, 2 – вертикальные каналы, 3 – верхний слой сеток, 4 – нижний слой сеток

Функциональное назначение сеток в УСП-3 заключается в следующем. Верхний слой сеток 3 (см. рис. 3) обеспечивает надежное отсекаание пламени от жидкости, падающей в устройство самотушения, а нижний слой сеток 4 предотвращает поступление воздуха к пламени, реализуя тем самым эффект объемного тушения.

УСП-3 имеет несколько вариантов применения:

1. Металлическая открытая емкость с установленным в ней УСП-3 может размещаться в специальной приемке для приема стекающей по полам горячей жидкости при ее аварийном разливе.
2. УСП-3 может быть установлено непосредственно в открытых баках и относительно небольших резервуарах под слоем горючей жидкости. В случае ее загорания процесс тушения будет достигнут посредством слива жидкости из нижней части емкости.

3. Конструкцию УСП-3 следует применять для приема и тушения вертикально падающих горящих потоков жидкости малых и больших расходов. В этих устройствах пламя отсекается, а потушенная жидкость может либо оставаться в емкости, либо сливаться в специальную резервную емкость.

4. Конструкция устройства самотушения может быть выполнена в виде горизонтальных пламегасящих полов. При этом полы рассчитываются (см. [1]) на прием всей жидкости, находящейся в обращении.

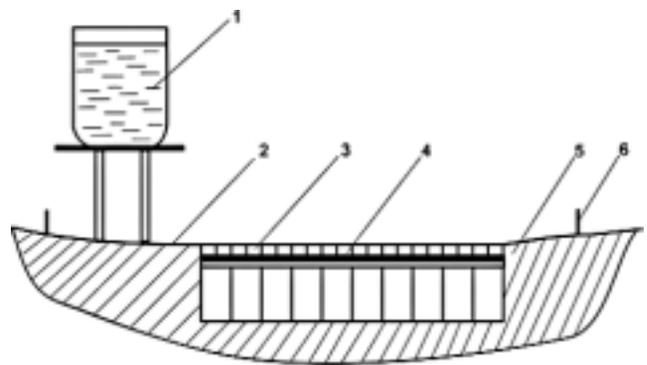
Проведенные огневые испытания показали высокую эффективность тушения горящих жидкостей этими устройствами. В настоящее время разрабатываются несколько дополнительных вариантов УСП.

### Пример максимальной проектной аварии

Допустим, что произошло полное разрушение маслобака, содержащего несколько тонн масла, и все это количество горячей жидкости разлилось по полам помещения, т.е. практически мгновенно возник мощный пожар наивысшей сложности тушения. Если предположить, что автоматические системы пожаротушения также подверглись повреждению и своевременно не сработали, то возникает катастрофическая ситуация.

Практические рекомендации по решению указанной выше проблемы состоят в следующем:

- емкость с установленным в ней УСП-3 следует разместить в бетонном приемке, как показано на рис. 4.



**Рис. 4**

Схема размещения УСП-3, рассчитанная на ликвидацию пожара

при максимальной проектной аварии.

1 – маслобак, 2 – наклонные полы, 3 – устройство самотушения масла УСП-3, 4 – металлическая емкость, 5 – бетонный профиль фундамента, 6 – металлическое ограждение

- объем ее должен быть рассчитан на прием всего количества масла, находящегося в баке;
- при расчете параметров УСП-3 следует в 2-3 раза увеличить высоту всей структуры вертикальных каналов, что придаст повышенную прочность всей системе тушения;
- в качестве дополнительного предохранения устройства самотушения от повреждений, можно ус-



тановить прочную стальную решетку над поверхностью вертикальных каналов. Это дополнение не повлияет на эффективность тушения;

- под емкостью с горючей жидкостью должен быть обеспечен круговой уклон к приемке с размещенной в нем емкостью с УСП-3, а по периметру уклона должно иметься ограждение, предотвращающее возможное растекание жидкости;
- покрытие уклона необходимо изготовить из материала, который не горит в атмосфере.



### Основные требования к конструированию, монтажу и обслуживанию УСП

УСП изготавливаются главным образом из листовой стали. Марки стали определяются в зависимости от условий, в которых будут эксплуатироваться эти устройства.

Устройства самотушения и емкости, в которых они устанавливаются, не должны подвергаться коррозии. Верхняя и нижняя поверхности ячеистой структуры должны быть абсолютно плоскими и не должны иметь неровностей и выступов. УСП должны располагаться в емкости строго горизонтально. Каждый канал ячеистой структуры в сечении должен иметь осесимметричную форму. Толщина листовой стали, из которой изготавливается ячеистая структура вертикальных каналов, определяется требованиями прочности к конструкции УСП.

Допустимые размеры зазоров при сборке вертикальных каналов не должны превышать  $0,3 \div 0,4$  мм. Допустимые размеры зазоров между емкостью и УСП, установленным в ней, также не должны превышать  $0,3 \div 0,4$  мм. Сеточные элементы, входящие в конструкцию, например, УСП-3, должны плотно прилегать к нижней горизонтальной поверхности ячеистой структуры. Это требование должно выполняться и при расположении сеток на верхней горизонтальной поверхности ячеистой структуры.

При проектировании и изготовлении УСП должны строго выполняться условия, предотвращающие проникновение потоков естественной конвекции в емкость с горючей жидкостью.

Устройства самотушения жидкостей, не требуют сложного технического обслуживания. Их рабочее состояние (постоянная готовность к тушению пламени) стабильно во времени. Необходимо лишь через определенные промежутки времени (в зависимости от условий эксплуатации и чистоты помещений) проверять, нет ли засорений и повреждений сеточных устройств и элементов ячеистой структуры.

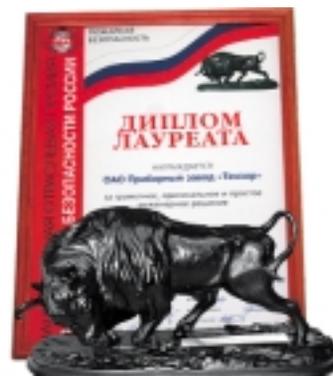


### Заключение

Эффективность работы устройств подтверждена многочисленными экспериментами, проведенными во ВНИИПО МВД РФ, в которых использовались различные типы горючих жидкостей, получаемых на нефтеперерабатывающих предприятиях. Крупномасштабные испытания УСП, проведенные в полигонных условиях, подтвердили их способность эффективно работать в условиях длительного теплового воздействия от горящих потоков жидкостей. УСП имеет сертификат пожарной безопасности ССПБ.RU. ОП073.Н.00078.

УСП было удостоено медали 1-й степени на конкурсе «Лучшие инновационные решения в области технологий безопасности-2008» и премии «Зубр-2008» в номинации «Новинка года».

Описанное устройство не имеет аналогов и в настоящее время устанавливается на российских и зарубежных АЭС. Также, устройство должно найти широчайшее применение на предприятиях химической и нефтехимической промышленности, на морском, речном, железнодорожном и авиационном транспорте, атомных и тепловых электростанциях, на складах горюче-смазочных материалов, хранилищах жидких топлив, то есть на объектах с постоянным обращением легко воспламеняющихся и горючих жидкостей.



### Литература

1. Потякин В.И., Бельков А.А. Устройство для самотушения горящих при проливах жидкостей. Методические рекомендации по проектированию и применению. Дубна. СКБ «Тензор». 2007. <http://www.tenzor.net/skb>
2. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. М. Недра. 1970.
3. Рабинович Е.З. Гидравлика. М. Недра. 1977.
4. Гейгер В.Г., Дулин В.С., Борушенский А.Г., Заря А.Н. Гидравлика и гидропривод. М. Недра. 1970.
5. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. М. Госстройиздат. 1965.