

# ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КОНВЕРСИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТВЕРДОТОПЛИВНОЙ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПОЖАРОЗАЩИТЫ НЕФТЕРЕЗЕРВУАРОВ

**С.Ю. СЕРЕБРЕННИКОВ**

д.т.н., профессор Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ), директор ОКБ «Темп» ПНИПУ

Пермь

**К.В. ПРОХОРЕНКО**

коммерческий директор ООО «ИВЦ Техномаш»

**С.В. ЧЕРНОВ**

аспирант ПНИПУ

**М.Б. ГРУБИЯН**

соискатель ПНИПУ

Основные трудности защиты резервуаров нефтепродуктов (РНП) от быстроразвивающихся пожаров связаны с ускоренным обнаружением загорания и быстрым включением автоматической системы пожаротушения при  $t = \pm 50^\circ\text{C}$ . Таким образом, для надежного тушения РНП главным является временной фактор, т.к. после первоначальной вспышки паров нефтепродуктов до момента начала подачи огнетушащего вещества не должно проходить время более 90...120 секунд. В противном случае элементы конструкции резервуара разогреваются до высоких температур и сами становятся источником поддержания горения.

При длительном горении нефтепродуктов в резервуаре в некоторых случаях перегретые стенки теряют механическую устойчивость, раскрываются по верхним швам и происходит перелив горящих нефтепродуктов в обваловку РНП, что ведет к его горению с внешней стороны, полному раскрытию боковой стенки и уничтожению резервуара, а также распространению аварии на соседние объекты.

Официально существует два способа автоматического тушения резервуаров:

наружное пенотушение и подслоное тушение пеной низкой кратности, подаваемой со дна резервуара под горящий слой нефтепродуктов. Оба они с большой натяжкой признаются автоматическими, т.к. на практике не существует датчиков обнаружения возгорания и автоматики включения установок пожаротушения, надежно работающих в диапазоне температур  $\pm 50^\circ\text{C}$ . К тому же, монтаж таких ненадежных и очень дорогих стационарных систем на каждом резервуаре не оправдан как с

экономической, так и с технической точки зрения (необходимы теплые помещения для аппаратуры, резервуаров с реагентами и насосными станциями и т.д.).

Поэтому на практике «подслоиники» и пенотушение применяют только в мобильном исполнении, что уже само собой подразумевает десятки минут от момента обнаружения возгорания до начала ликвидации пожара. Эффект от такого тушения прогретых резервуаров крайне низок, особенно на крупных РНП, и сводится ►

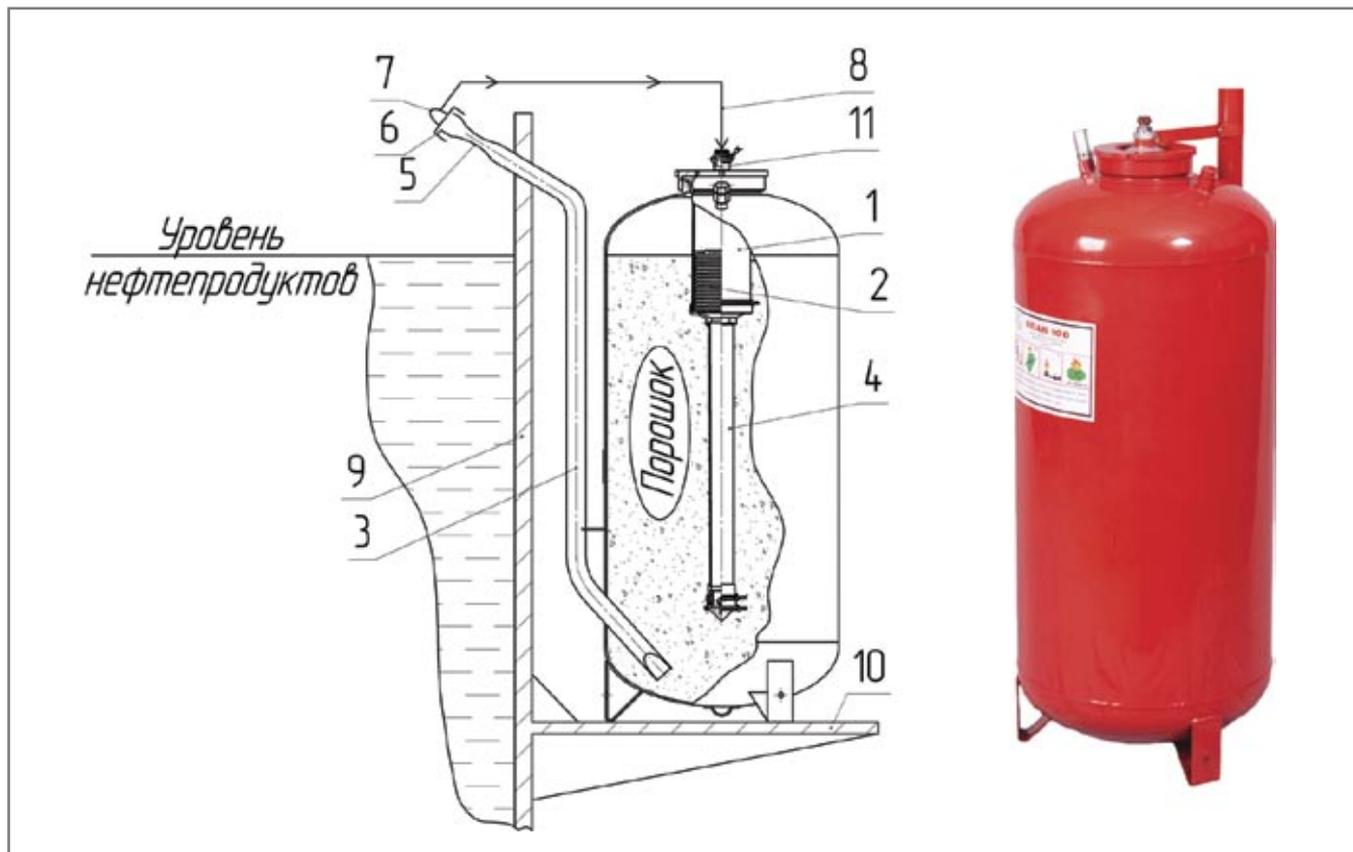


Рис. 1. Принципиальная схема на резервуаре и внешний вид модуля азрозольно-порошкового пожаротушения ОПАН-100 с автономной автоматической системой запуска:

1 – твердотопливный азрозольный газогенератор; 2 – теплосъемный элемент пассивного типа; 3 – трубопровод;

4 – трубопровод барбатажный; 5 – разгонное сопло Лавали; 6 – сбрасываемая гермозаглушка;

7 – термочувствительный элемент (УСП 101-Э или термощнур); 8 – линия электро- или термозапуска газогенератора; 9 – стенка резервуара;

10 – существующая монтажная площадка; 11 – пиропатрон запуска газогенератора

в основном к интенсивному водоохлаждению наружных стенок резервуара и ожиданию полного выгорания нефтепродуктов.

Перспективным в этом плане выглядит способ аэрозольно-порошкового пожаротушения (патент № RU2244579 [1]), базирующийся на достижениях конверсионной твердотопливной ракетной техники, реализованный ООО «ИВЦ Техномаш» и ОКБ «Темп» Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ) на десятках объектов Газпрома и нефтехимпрома РФ при защите от объемных, быстроразвивающихся пожаров газокompрессорных и нефтенасосных станций [6].

Основным исполнительным элементом такой противопожарной системы является быстродействующий аэрозольно-порошковый модуль ОПАН-100 [2], вытеснительным элементом которого является твердотопливный газогенератор (см. рис. 1). Отличительными особенностями, ОПАН-100 являются:

- взрывозащищенное исполнение, в т.ч. от внешнего взрыва;
- высокая надежность и работоспособность в диапазоне температур  $\pm 50^\circ\text{C}$ ;
- отсутствие каких-либо проверок и регламентных работ в течение 10 лет;
- низкая стоимость модуля и его монтажа;
- высокая пожаротушающая эффективность аэрозольно-порошковой смеси, особенно для нефтепродуктов;
- высокая энергетика струи вырасываемого порошка (скорость более 200 м/с, дальность до 25 м, время выброса 80 кг порошка менее 20 сек).

Принципиальная схема ОПАН-100 и его установка на резервуаре представлена на рис. 1.

Перечисленные особенности модуля ОПАН-100 позволяют на его основе проектировать путем тиражирования стационарные установки большой мощности и производительности для быстрого тушения РПН в любых условиях. Монтаж модулей может проводиться как

непосредственно при строительстве новых резервуаров, так и при модернизации эксплуатируемых.

Проектные параметры для расчета необходимого количества модулей ОПАН-100 для защиты того или иного резервуара выбираются на основании подтвержденных рабочих характеристик единичного модуля, приведенных в Руководстве по эксплуатации ОПАН-100 000-000 РЭ и ТУ ОПАН-100 [2]:

- защищаемая площадь при свободном выбросе порошка – 80 м<sup>2</sup>;
- защищаемый объем при свободном выбросе порошка – 180 м<sup>3</sup>.

Автоматику обнаружения возгорания и включения модулей можно строить на серийных извещателях пламени типа ИП-332, спектрон-220С, Пульсар3, приемно-контрольных и пусковых приборах, например, фирмы «Болид» серии С-2000.

Однако необходимую надежность включения системы тушения, а самое главное, защиту от ложного срабатывания, такая автоматика обеспечить не может.

Поэтому было предложено при комплектовании всей системы автоматического пожаротушения для каждого модуля использовать автономный пусковой узел, срабатывающий исключительно на появление высокой температуры воспламенения нефтепродуктов, т. е. реального пожара РНП.

В качестве двух альтернативных вариантов для автономного запуска модулей, с которыми они более 10 лет надежно работают на различных взрывоопасных объектах в диапазоне температур  $\pm 50^\circ\text{C}$  были выбраны:

**УСП 101-Э [3]** – автономное устройство электрического запуска на температуру вспышки 72, 93, 110°;

**быстрогорящий термо-шнур типа ОШ-1 [4]** – проводник огневого импульса по герметичному металлоукаву от горячей поверхности нефтепродуктов к твердотопливному аэрозольному газогенератору модуля для его включения.

Оба устройства имеют высокую надежность и срабатывают только на вспышку нефтепродуктов, не реагируя на такие внешние факторы как удар молнии, детонационный взрыв или техногенный электромагнитный импульс (т.е. на те факторы, которые приводят к ложному срабатыванию стандартных электронных датчиков и контроллеров).

Устройство УСП 101-Э и наконечник термошнура типа ОШ-1 представлены на рис.2.

Работают оба устройства при воспламенении нефтепродуктов и попадании пламени на колпачок 7, который за 0,3...0,5 сек. сгорает и открывает доступ пламени на скобу 1 или термошнур 8. Скоба 1, прогреваясь за 1...2 сек. до температуры выше 110°С, разжимается и освобождает подпружиненный магнитный сердечник 3, который пролетая внутри индукционной катушки 4 возбуждает в ней электрический импульс, достаточный по величине и продолжительности для запуска газогенератора 1, через линию электрозапуска 8 и пиропатрон 11 (Рис. 1). Термошнур 8 от пламени загорается в течение 0,2...0,5с, а далее со скоростью 1,0 м/сек проводит огневой импульс внутри металлической трубки 9 до пиропатрона 11 (Рис. 1) за 1...2 сек.

Суммарное время реагирования на вспышку нефтепродуктов и запуск газогенератора модуля ОПАН-100 не превышает 3...4 секунды как от УСП101-Э, так и от термошнура.

После запуска газогенератора 1 (Рис.1) в течение 3...5 сек. подается охлажденный газообразный аэрозоль со сверхзвуковой скоростью через барботажный трубопровод 4 в нижний объем корпуса модуля.

При этом весь заряд порошка (80 кг) интенсивно разрыхляется, встряхивается и переходит в псевдоожидженное состояние. Истечение аэрозольно-порошковой смеси через отводящий трубопровод 3 с разгонным соплом 5 на конце начинается под давлением 6...8 атм на третьей ►

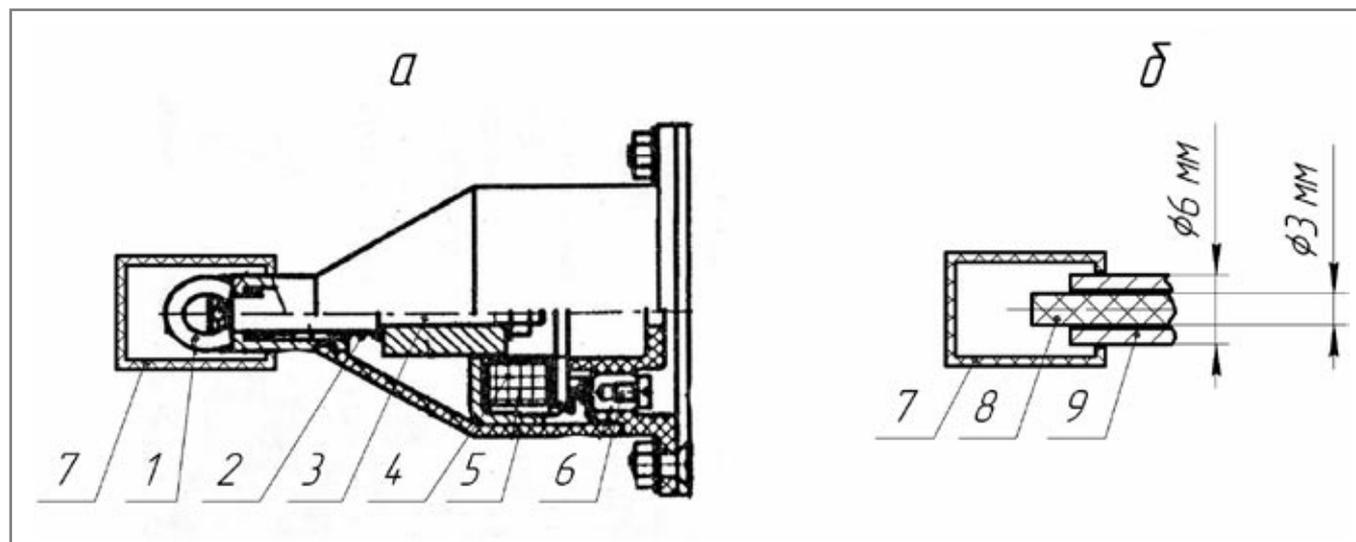


Рис. 2. Принципиальная схема УСП101-Э (а) и наконечника термошнура ОШ-1 (б)

1 – биметаллическая скоба; 2 – пружина; 3 – магнитный сердечник; 4 – индукционная катушка; 5 – корпус;  
6 – электроконтакты для подсоединения линии запуска к пиропатрону ГГ; 7 – сгораемый защитный колпачок;  
8 – термошнур; 9 – стальная трубка или металлоукав

секунде работы газогенератора при сбрасывании гермозаглушки 6 и заканчивается через 18...20 секунд после опорожнения корпуса модуля.

Общее время срабатывания такой системы тушения с момента воспламенения нефтепродуктов до полного выброса огнетушащего порошка на площадь 80 м<sup>2</sup> не превышает 25 секунд.

Равномерность покрытия всей поверхности нефтепродуктов порошком обеспечивается соответствующей установкой по направлению разгонных сопел Лавала согласно рекомендациям [5, 6], с учетом наименьшей вероятности попадания струй порошка от разных модулей ОПАН-100 на одну и ту же площадь.

На практике равномерность засыпки порошком больших поверхностей обеспечивается достаточно легко, т.к. высокоскоростные струи порошка, соприкасаясь или пересекаясь друг с другом, создают дополнительную турбулизацию и формируют над всей поверхностью нефтепродуктов объемный купол из однородной аэрозольно-порошковой смеси, который надежно изолирует очаг возгорания от кислорода воздуха и тушит его за 5...10 сек. Повторного воспламенения нефтепродуктов не происходит, т.к. за время обнаружения и тушения пожара (< 25 сек.) стенки резервуара не успевают нагреться. К тому же, аэрозольно-порошковая

смесь, имея объемную плотность близкую к плотности воздуха (за счет нагрева порошка аэрозолем до 40...50°C), висит над резервуаром в виде изолирующего купола в течение нескольких минут.

Для экспериментальной проверки быстродействия и эффективности описываемой системы пожаротушения был изготовлен макет резервуара объемом 15м<sup>3</sup> и площадью зеркала нефтепродуктов (бензин А-80) 8м<sup>2</sup>. В качестве автоматических установок пожаротушения были применены аэрозольно-порошковые модули ОПАН-50, идентичные по конструкции и принципу действия модулям ОПАН-100, но в два раза меньшие по объему. Кроме того, в каждый заправлялось всего по 10 кг порошка для имитации реальных условий тушения (~1,0...1,4 кг порошка/м<sup>2</sup>). С целью проверки быстродействия автономных пусковых устройств на одном модуле устанавливался для обнаружения вспышки и запуска газогенератора термощнур ОШ-1, а на другом – УСП 101-Э.

Внешний вид экспериментальной установки и циклограмма проведения испытаний представлены на рис.3.

Оценка стоимости защиты отечественных резервуаров модулями ОПАН-100 проводилась следующим образом. Габаритные размеры, и прежде всего, площадь зеркала нефтепродуктов в резервуарах принималась согласно стандартам и

нормам на их изготовление [7].

Расчет количества модулей для защиты каждого резервуара проводился согласно [8], где учитывались только потери порошка за счет открытости зеркала нефтепродуктов ( $\eta_{от} = 1,3$ ).

Этот коэффициент увеличивает количества модулей на 30% по сравнению с нормативным и тем самым учитывает возможное снижение эффективности тушения из-за ветровой нагрузки.

Стоимость одного модуля ОПАН-100 с автономной системой запуска принималась согласно прайс-листу ООО ИВЦ «Техномаш» на 01.03.2011г. – 30 000 рублей, без НДС. Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

Как видно из таблицы, стоимость автоматических установок аэрозольно-порошкового пожаротушения с модулями ОПАН-100 невелика и составляет примерно 0,1...0,3% от стоимости самих резервуаров, заполненных нефтепродуктами.

Учитывая низкую стоимость, высокую надежность, быстродействие и отсутствие каких-либо регламентных работ в течение 10 лет, такие системы могут кардинально решить задачу надежной защиты резервуаров от пожаров не только в России, но и за рубежом, где эта проблема также пока не решена. ■

**ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Патент №RU2244579C1, МПК А62 С 3/00, 35/00. Способ пожаротушения и система пожаротушения для осуществления способа /С.Ю.Серебренников и др., 2005.
2. ТУ ОПАН 4854-002-02070464-97 с изм.10.
3. УСП 101-Э. Устройство сигнально-пусковое. 4371-005-47011152-2002-ПС.
4. ОШ-1. Шнур огнепроводный ТУ75-100-46-07509509-2009.
5. Прохоренко К.В. Противопожарная защита помещений компрессорных установок модулями порошкового пожаротушения ОПАН-100 // Пожарная безопасность в строительстве: Приложение к журналу Пожаровзрывобезопасность.- апрель 2008.-с.43-45.
6. Серебренников С.Ю. Аварийные системы с газогенераторами и двигателями на твердом топливе (Теория и эксперимент). Екатеринбург: УрО РАН, 2002.-286с.
7. СНиП 2.11.03-93.
8. СП.5.13130.2009.

Резервуар	Тип	РВС-1000	РВС-2000	РВС-5000	РВС-10000	РВС-30000
	Д, м	12	15	23	34	45
	S, м <sup>2</sup>	120	181	408	918	1632
ОПАН-100	Кол-во, шт.	2	3	7	15	27
	Стоимость, руб.	60 000	90 000	210 000	450 000	800 000

Таб. 1 Размеры резервуаров и стоимость автоматических установок пожаротушения ОПАН-100 для их защиты



Рис. 3. Циклограмма автоматического тушения резервуара V = 15 м<sup>3</sup> с бензином А-80 двумя модулями ОПАН-50



«ИВЦ Техномаш»

ООО «ИВЦ Техномаш»  
614013, г. Пермь,  
ул. Академика Королева, 21  
Тел./факс (324) 239-13-84, 239-13-87