

ОГНЕПРЕГРАЖДАЮЩИЕ СЕТОЧНЫЕ ЭКРАНЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ

**А.С. Крутолапов, кандидат технических наук, доцент;
И.Д. Чешко, доктор технических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрено использование стальных сеток в качестве огнепреграждающих экранов. Показана эффективность сеток с использованием огнезащитных вспенивающихся красок в качестве защиты технологического оборудования при пожаре.

Ключевые слова: пожар, огнепреградитель, огнезадерживающий экран, вспенивающая огнезащитная краска

FIRE-PREVENTION NET SCREENS FOR PROTECTION OF PROCESSING EQUIPMENT OF OIL AND GAS PIPELINES

A.S. Krutolapov; I.D. Cheshko.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Use of steel grids in quality the fire-prevention of screens is considered. Efficiency of grids with use of fireproof foaming paints as protection of processing equipment is shown at a fire.

Keywords: fire, fire-prevention, fire-retardant screen, making foam fireproof paint

Защите технологического оборудования объектов нефтегазового комплекса от пожаров уделяется повышенное внимание. При этом рассматривается всегда два направления обеспечения пожарной безопасности: исключение возможных внешних тепловых воздействий на технологические установки и защита от распространения пожара по оборудованию и коммуникациям.

В первом случае необходимо создать условия для функционирования системы предупреждения пожаров, то есть реализовать мероприятия по ограничению и ликвидации горючей среды и источников зажигания. Реализация второго направления обеспечения пожарной безопасности объекта связана с ограничением распространения пожара по газо- и нефтепроводам, газопаровоздушным средам и по разливу жидкости.

Известно, что металлические сетки и конструкции на их основе могут препятствовать распространению огня и тепловых потоков при пожарах. Этот эффект используется при установке сеточных огнепреградителей на дыхательную арматуру аппаратов с жидкостями [1]. В качестве рабочего элемента при такой защите используется металлическая сетка. При этом распространение огня через такой огнепреградитель не происходит, за счет выбора сеток с размером ячеек, близким к огнегасящему, а также благодаря высокой теплоемкости конструкции, вследствие чего огнепреградитель забирает часть тепла, выделяемого при горении. Преимуществом сеточных огнепреградителей являются доступность, малая стоимость, простота монтажа и обслуживания конструкции. К недостаткам можно отнести низкую механическую устойчивость сеток, ограниченность использования при горении различных жидкостей и газов, возможность быстрого прогорания.

Собирая пакеты из нескольких сеток можно существенно увеличить огнезащитную эффективность конструкции. Также эффективность зависит и от материала, из которого изготовлены сетки. Это обусловлено допустимым тепловым воздействием

на огнепреградитель и устойчивостью к воздействию ударной волны. Поэтому материал, используемый для производства сеточных огнепреградителей, должен обладать определенной жесткостью и термостойкостью: медь, латунь, стали, волокнистые огнестойкие материалы и т.п. [2].

Металлические сетки в качестве тепловых экранов практически не используются. Если рассматривать в качестве теплового экрана сплошную конструкцию, то плотность теплового потока от источника тепловыделения к экрану, согласно закону Стефана-Больцмана, равна [3]:

$$q_{1,Э} = \varepsilon_{1,Э} * C_0 [(T_1/100)^4 - (T_Э/100)^4],$$

а от экрана к поверхности объекта защиты:

$$q_{Э,2} = \varepsilon_{Э,2} * C_0 [(T_Э/100)^4 - (T_2/100)^4],$$

где $\varepsilon_{1,Э} = 1/(1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_Э - 1)$ – приведенная степень черноты системы «поверхность 1 – экран»; $\varepsilon_{Э,2} = 1/(1/\varepsilon_Э + 1/\varepsilon_2 - 1)$ – приведенная степень черноты системы «экран – поверхность 2».

Это обусловлено тем, что огнезащитные свойства такого экрана характеризуются степенью черноты поверхности и коэффициентом излучения (отражения). Приведенный расчет применим только для преград, обладающих сплошностью.

Использование сеток для защиты от тепловых потоков и излучения не эффективно, так как они не могут использоваться в качестве отражательных экранов (малая отражательная способность) и в качестве тепловых преград (теплоемкость металлических сеток незначительна). При тепловом воздействии металлические сетки быстро прогреваются, и уже сами становятся источником теплоизлучения [4].

Результаты проведенных натуральных огневых испытаний по определению огнепреграждающей способности металлических сеток представлены на рис. 1.

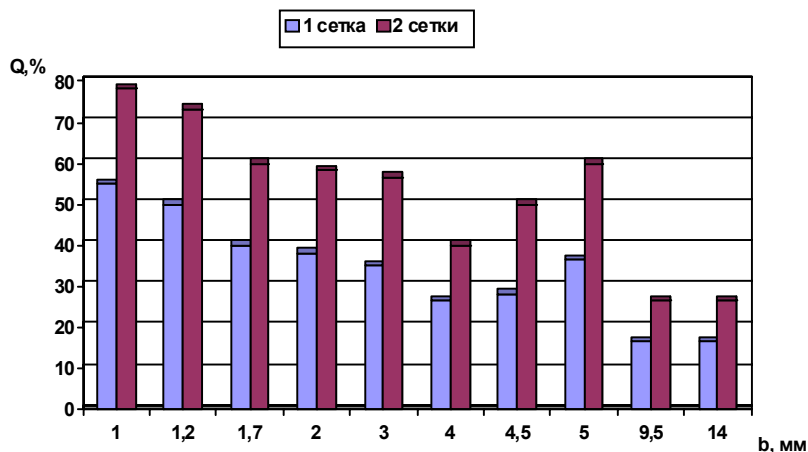


Рис. 1. Изменение огнезащитных свойств металлических сеток в зависимости от количества и размеров сеток (Q – снижение теплового потока, %; b – размер ячейки)

Результаты исследований показали, что чем меньше размер ячейки и больше диаметр проволоки, тем лучше сетка экранирует тепловой поток. Но, изменяя эти параметры сеточных экранов, можно лишить их главного преимущества – свободного сеточного пространства, которое дает ряд преимуществ в отличие от сплошных экранов: визуальный контроль за технологическим оборудованием или процессом, отсутствие образования взрывоопасных концентраций газов и паров в замкнутом объеме, простота конструкции и пр.

Современные разработки огнезащитных сеточных систем имеют более широкое применение-огнезащитные экраны и даже элементы огнетушащих систем. Эффективность

сеток при пожаре повышается при обдувании их воздухом или парами воды [5], использование в качестве элементов комбинированной защиты.

В последнее время активно проводится поиск новых направлений по использованию сеточных элементов в области пассивной противопожарной защиты. Одним из таких направлений является создание сеточных конструкций, обязательным элементом которых являются металлические сетки, покрытые огнезащитными вспенивающимися композициями [6].

Огнезащитные покрытия практически не изменяют основных функциональных свойств сеточных элементов при нормальных условиях работы, так как ячейки сетки остаются открытыми. Такие конструкции обладают рядом преимуществ – относительно легким монтажом, мобильностью, небольшой стоимостью и высокой огнепреграждающей способностью.

Механизм защитного действия таких элементов при пожаре состоит из двух этапов:

- при воздействии тепловых потоков огнезащитная краска вспенивается во всех направлениях со значительным увеличением объема (кратность вспенивания достигает 300 %), при этом полностью перекрывается и свободное пространство ячеек сетки;
- образующийся слой термостойкого пенококса, армированного металлической сеткой, обладает существенной механической прочностью и вследствие низкого коэффициента теплопроводности и значительной толщины может служить мощным теплоизолирующим экраном в течение длительного времени.

Экспериментальные работы проводили с плоскими сетками двух видов, сплетенных из стальной проволоки диаметром 1 и 0,8 мм с квадратными ячейками с размерами сторон 5x5 мм и 4,2x4,2 мм соответственно. Сетки покрывали двумя видами огнезащитных вспенивающихся композиций: на основе перхлорвиниловой смолы с температурой начала пенообразования 150–160 °С и на основе эпоксидной смолы с температурой вспенивания 230–240 °С. Толщина исходного покрытия составляла 0,25–0,5 мм.

Огневые испытания образцов проводили в температурном режиме «стандартного пожара» на установке, схематически изображенной на рис. 2, при этом с помощью термопар определялось изменение температур в печи, над сеткой (на расстоянии 5 мм), а в случае испытания пакета из двух сеток дополнительную термопару устанавливали и между сетками.

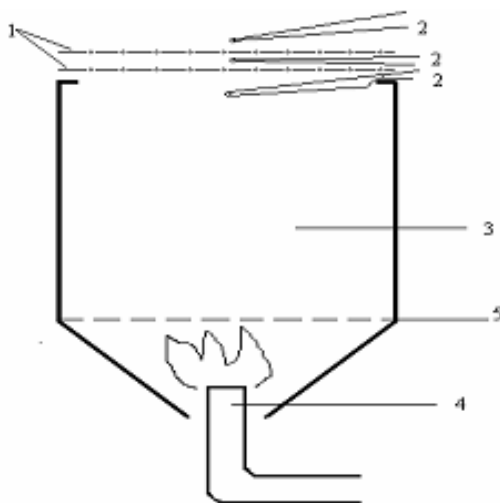


Рис. 2. Принципиальная схема установки

(1 – сетка с вспенивающимся покрытием; 2 – термопара; 3 – печь; 4 – газовая горелка; 5 – рассекатель пламени)

Результаты испытаний представлены на рис. 3, 4.

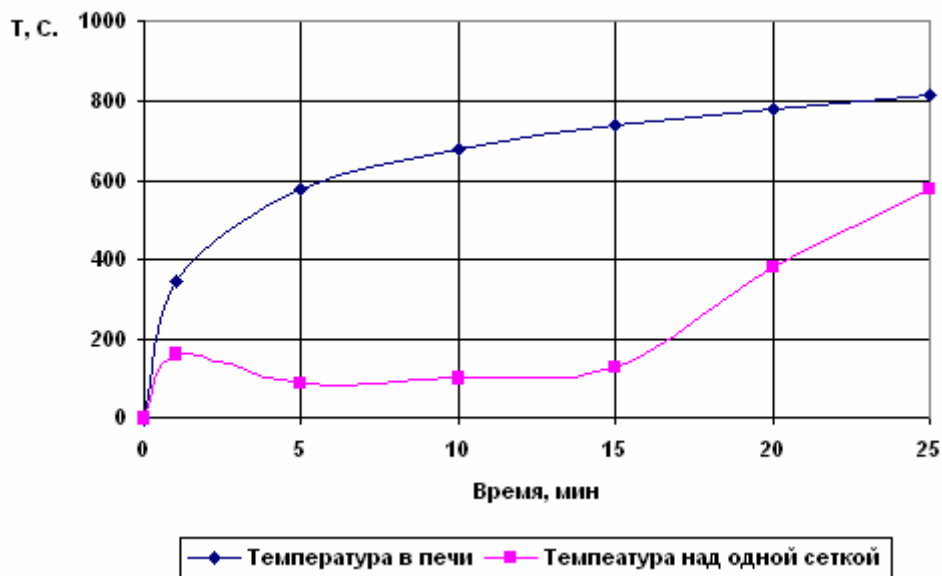


Рис. 3. Скорость прогрева стальных сеток, покрытых огнезащитной краской на основе перхлорвинилового смолы

В начальный момент испытаний в течение первой минуты происходит прогрев сеток до температуры вспенивания краски. По мере того, как краска начинает вспениваться, постепенно перекрываются ячейки первой сетки, и температура защищаемой стороны падает до 60–90 °С, которая стабилизируется в течение 10–20 минут, в зависимости от кратности вспенивания и скорости выгорания пенококса на первой сетке. Далее по аналогии начинает работать вторая сетка.

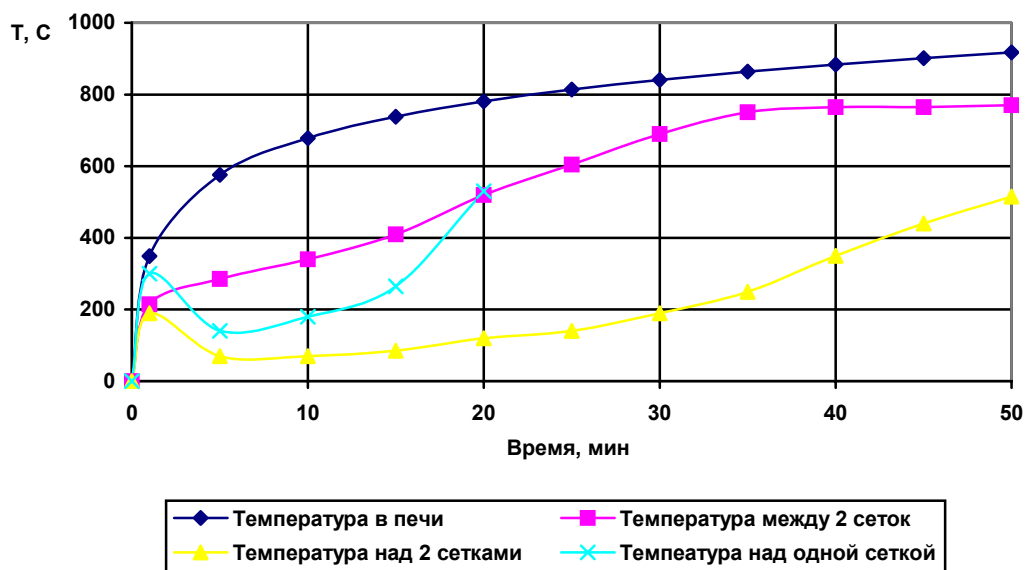


Рис. 4. Скорость прогрева стальных сеток, покрытых огнезащитной краской на основе эпоксидной смолы

Приведенные данные получены при огневых испытаниях в условиях теплового воздействия по стандартному режиму, характерному для горения твердых горючих материалов в замкнутом объеме. В реальных условиях изменение температуры на реальном пожаре не всегда совпадает со стандартным режимом [7].

Частным примером этого является изменение температуры при горении нефтепродуктов и других горючих жидкостей. При так называемом «режиме горения легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ)» уже в начальный момент (3 минуты) температура в зоне горения может достигать 800°C , тогда как при стандартном режиме такая температура наступит через 25 минут [3].

Определение огнестойкости сеточных экранов в условиях горения нефтепродуктов сравнительно показано на рис. 5 при моделировании тепловых потоков двух режимов: 1 – стандартный режим горения, 2 – режим горения ЛВЖ.

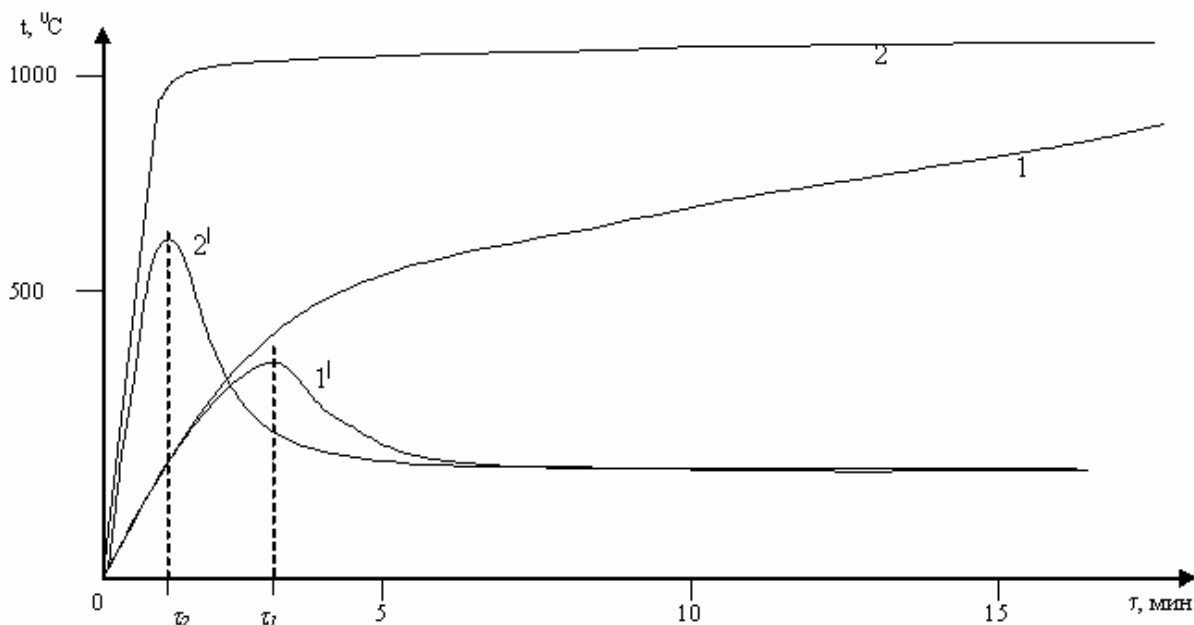


Рис. 5. **Время огнезащитной эффективности сеточных экранов для различных режимов нагрева** (сетка с размером ячейки 5×5 мм, диаметр проволоки 1 мм, расход лакокрасочных материалов $0,6 \text{ кг/м}^2$, размер образцов 300×300 мм): 1 – стандартный режим нагрева; 1' – снижение температуры сеточным экраном; 2 – режим горения ЛВЖ; 2' – снижение температуры сеточным экраном; τ_1 и τ_2 – время полного перекрытия ячеек пенококсом для 1 и 2 режимов горения соответственно

Эксперименты показали, что в условиях «теплого удара», формирующегося при горении нефтепродуктов, вспенивание происходит быстрее, а, следовательно, и образование огнезащитного экрана из сетки происходит раньше.

Натурные испытания показали возможность использования огнезащищенных сеточных элементов для ограничения распространения пожара. Данные конструкции работают за счет экранирования теплового потока и низкой теплопроводности пенококса, при этом сетка служит армирующим элементом и предотвращает разрушение защитного пенного слоя конвективными потоками. Выбор огнезащитных вспенивающихся красок может быть обусловлен только кратностью вспенивания и эксплуатационными свойствами (адгезией, устойчивостью к нефтепродуктам и другим горючим жидкостям).

Перспективной областью практического применения защитных экранов на основе сеточных элементов, обработанных огнезащитными составами, является защита технологического оборудования линейных объектов (трубопроводов) нефтегазового комплекса (задвижки, контрольно измерительные приборы и пр.). Очень часто по различным причинам герметичность указанного оборудования обеспечить не удастся. Предложенные экраны обеспечат продуваемость защищаемого пространства и невозможность образования взрывоопасной концентрации в закрытом объеме, а в случае угрозы пожара защитят оборудование от внешнего теплового воздействия.

Ограничение распространения пожара при этом возможно как при одностороннем его развитии, так и для защиты определенного пространства с учетом конструктивной конфигурации расположения сеток. Кроме того, данная огнезащитная конструкция может быть использована в качестве элемента пассивной системы пожаротушения, в том числе и резервуаров с нефтепродуктами.

Литература

1. Малинин В.Р., Хорошилов О.А. Огнепреграждающие устройства для защиты технологического оборудования от распространения пожара: учеб.-метод. пособие. СПб.: СПб ВПТШ МВД РФ, 1997.
2. ГОСТ Р 53323–2009. Огнепреградители и искрогасители. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2009.
3. Теплотехника: учеб. для вузов / В.Н. Луканин [и др.]. М.: Высшая школа, 2009.
4. Стрижевский И.И., Заказнов В.Ф. Промышленные огнепреградители. М.: Химия, 1974. 261 с.
5. Экраны «Согда» / Н.Н. Брушлинский [и др.] // Пожарное дело. 2009. № 12. С. 38–39.
6. Крутолапов А.С., Хорошилов О.А. Использование металлических сеток в качестве огнезащитных экранов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2009. № 8.
7. Клепоносов Н.Н., Сорокин А.И. Пожарная защита объектов нефтяной и газовой промышленности. М.: Недра, 1983.