
ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

ИСПЫТАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА

А.А. Цой;
Ф.В. Демехин, доктор технических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены особенности горения углеводородов и поведение металлических конструкций в условиях углеводородного температурного режима. Обоснованы основные проблемы огнезащиты металлических конструкций нефтеперерабатывающих производств. Представлена методика испытаний по определению огнезащитной эффективности в условиях реактивной струи углеводородного пожара. Проведенные исследования показали, что выбранные огнезащитные составы не выдерживают испытаний в данных условиях.

Ключевые слова: стандартный температурный режим пожара, углеводородный режим пожара, огнезащита металлических конструкций

TESTING OF FIRE RESISTANT MATERIALS IN THE CONDITIONS OF THE HYDROCARBON TEMPERATURE MODE

A.A. Tsoy; F.V. Demehin.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The details of hydrocarbon burning action and metal structures behavior under the conditions of hydrocarbon combustion are described. The key problems of metal structures' fire hardening in petroleum refinery are proved. The fire test procedure to burning extent in the initial stage is represented. The test results are analyzed and the conclusions are made on their basis.

Keywords: temperature specifications (conditions) of fire, hydrocarbon temperature mode of fire, fire hardening of metal structures

Предприятия нефтепромышленности являются одними из главных источников пожаровзрывоопасности и напряженной техногенной обстановки в нашей стране. Развитие нефтеперерабатывающих комплексов, обладающих высокой энергонасыщенностью, сопровождается ростом количества и масштабов пожаров и объемных взрывов топливно-воздушных смесей, наносимого ущерба как самим предприятиям, так и окружающим сооружениям, населению, природной среде. Пожары и взрывы на таких объектах опасны не только человеческими потерями, но и большими экономическими затратами, связанными с ликвидацией последствий разрушений и восстановлением работоспособности предприятий,

которые приводят как к прямому, так и к косвенному ущербу. Поэтому повышение пожарной безопасности объектов нефтепереработки продолжает оставаться одной из важнейших составных частей обеспечения защиты населения от угроз техногенного характера.

Одним из главных условий снижения необратимых последствий пожара на нефтеперерабатывающих производствах является сохранение несущей способности металлоконструкций технологических сооружений и коммуникаций, изготавливаемых, как правило, из углеродистой стали различных марок, которая отличается высокой теплопроводностью. Незащищенные металлические конструкции в условиях пожара быстро прогреваются до температур, превышающих 400–500 °С. Под воздействием этих температур и нормативной нагрузки интенсивно развиваются температурные деформации, что ведет к быстрому разрушению сооружения (в пределах всего 0,12–0,25 ч) [1].

Основной противопожарной мерой, направленной на защиту различных металлоконструкций от возгорания, является огнезащита, которая достигается целым комплексом мер, в том числе применением специальных огнезащитных составов. Огнезащитная эффективность данных составов – это способность противостоять воздействию огня в течение определенного времени. Все составы проходят сертификационные испытания, при этом им присваиваются различные группы огнезащитной эффективности, которые отражены в Сертификате пожарной безопасности. При испытаниях определяется время от начала теплового воздействия на образец до достижения предельного состояния. За предельное состояние принимается достижение металлом опытного образца критической температуры, равной 500 °С. При этом чем дольше состав противостоит температурному воздействию, тем выше его огнезащитная эффективность.

До недавнего времени испытания по определению огнезащитной эффективности проводились в условиях стандартного температурного режима, рекомендованного в 1966 г. Международной организацией по стандартизации. Температурная кривая стандартного пожара является условной усредненной зависимостью температурного режима реальных пожаров. Фактические температуры на реальных пожарах могут быть выше или ниже. Например, в нефтехимической промышленности и на морских нефтяных платформах существует угроза возникновения интенсивных пожаров с высокой температурой и скоростью распространения (более 900 ° в течение пяти минут), а также возможным «ударом пламени» по верхним ограждающим конструкциям. Кроме того, стандартная температурная кривая построена в предположении наличия неограниченного количества горючих материалов, в действительности их количество всегда ограничено, в связи с чем ограничена и продолжительность реальных пожаров.

Таким образом, испытание огнезащитного покрытия в условиях стандартного пожара не является достаточным основанием для применения его в качестве огнезащиты металлических конструкций объектов нефтегазовой отрасли. При обеспечении их противопожарной защиты следует ориентироваться на реальные и наиболее жесткие ситуации, которые могут возникнуть при пожаре. Поэтому разработку противопожарной защиты необходимо проводить с учетом конкретного огневого воздействия, а испытания огнезащитной эффективности на огнестойкость должны проводиться в различных температурных режимах, в зависимости от условий эксплуатации данных составов. Использование огнезащитных составов на объектах нефтегазовой отрасли предполагает их испытание в условиях углеводородного температурного режима, характеризующегося высокой температурой и скоростью распространения пламени, а также возможным «ударом пламени» [2].

Изучение отечественной и зарубежной литературы, а также нормативных документов, показало, что за рубежом углеводородный температурный режим изучен достаточно давно, тогда как в России данное понятие в нормативные акты введено сравнительно недавно, в частности это ГОСТ Р ЕН 1363-2–2014 «Конструкции строительные. Испытания

на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные процедуры», введенный в действие с 1 июня 2015 г.

Также в отечественных нормативных актах не нашли отражения стадии углеводородного температурного режима, которые отличаются между собой температурой пламени, скоростью распространения и продолжительностью.

На рис. 1 схематически представлены стадии углеводородного температурного режима:

1. Jet Fire – «струя огня» – воздействие реактивного пламени (факельное горение).
2. Diffuse Hydrocarbon Fire – диффузионное горение.
3. Radiated Heat – «излучаемое тепло» – лучистое воздействие на смежные конструкции [3].

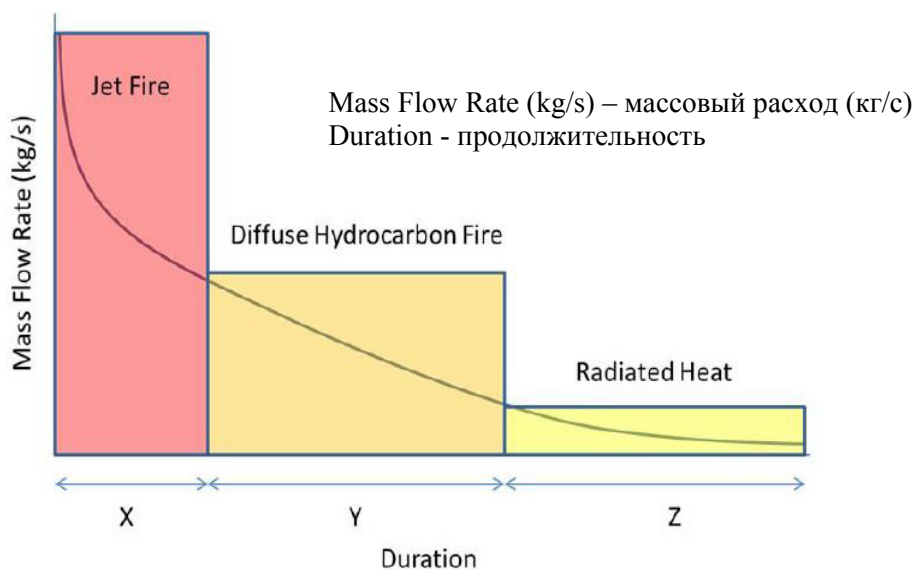


Рис. 1. Стадии углеводородного температурного режима

Как видно из схемы, наибольший массовый расход присущ стадии воздействия реактивного пламени. Это связано с тем, что на объектах нефтегазовой отрасли большая часть оборудования находится под давлением. Разрушение таких конструкций и выход горючих веществ наружу, в особенности газа, сопровождается возникновением свищей, реактивных струй и факельного воспламенения.

Обзор отечественной литературы показал, что в России отсутствует метод экспериментальной оценки эффективности огнезащитных составов технологических сооружений, связанных с переработкой нефти, нефтепродуктов и природного газа, к тому же лабораторные установки, в которых может быть достигнут температурный режим углеводородного горения, являются достаточно громоздкими и дорогостоящими. Невозможность прогнозирования поведения разных типов огнезащитных покрытий в условиях, приближенных к развитию аварийной ситуации на нефтеперерабатывающих производствах, связана со сложностью проведения крупномасштабных экспериментов при температурах выше 1 000 °С.

С этой целью были проведены испытания, определяющие поведение различных огнезащитных покрытий для металлических конструкций при воздействии на них пламени ацетилен-кислородной горелки.

При огневых испытаниях моделировалось воздействие горения углеводородов на огнезащитные покрытия металлоконструкций в начальной стадии пожара. В качестве сценариев пожара рассматривалось факельное горение.

В качестве объектов исследований были выбраны три марки покрытий (табл.).

Таблица. Характеристика основных средств огнезащиты, нанесенных на образцы

Наименование покрытия	Механизм действия покрытия	Основные компоненты	Заявленный минимальный предел огнестойкости, мин
Фризол-ЭП	Вспучивание огнезащитной поверхности, образование теплоизолирующего слоя	Эпоксидная смола	45
Стабигерм-217	Вспучивание огнезащитной поверхности, образование пористого теплоизолирующего слоя	Многокомпонентная	30
Fire Protect	Вспучивание огнезащитной поверхности, образование теплоизолирующего слоя	Акриловые сополимеры, углеродистые соединения: растворитель Р-4, пропилен-гликоль и др.	15

Покрытия были нанесены на металлические образцы – сортовой прокат вида квадрат (квадрат стальной нержавеющей 20 мм AISI 304 х/к, h9, EN 10059-2004, длиной 400 мм) с двумя вмонтированными термоэлектрическими преобразователями ТХА (К): внутри образца под огнезащитой и поверх огнезащиты. Образец был вертикально закреплен внутри трубы в держателе. Снизу трубы подавалось пламя горелки. Изменения температуры фиксировались многоканальным регистратором Ф1771-АД (Regigraf), диапазон измерения от -100 до 1300 °С, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5 \%$, дискретность 1 °С.

Цель эксперимента состояла в создании условий температурного режима углеводородного горения с помощью ацетилен-кислородной горелки, определении предела огнестойкости металлических образцов с огнезащитными покрытиями и без них при воздействии пламени ацетилен-кислородной горелки, а также определении времени от начала теплового воздействия до наступления предельного состояния образцов при температуре более 1000 °С. За предельное состояние принимается достижение критической температуры стали испытуемых образцов, равной 500 °С. После достижения этой температуры прекращали воздействие пламени на образец.

На рис. 2 представлены результаты испытаний изменения температуры от времени воздействия пламени.

Заявленные пределы огнестойкости в паспорте огнезащитных покрытий при воздействии углеводородного горения существенно отличаются. Все три покрытия в течение первых восьми минут испытания полностью сгорали.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что испытания огнезащитных покрытий различных марок для обработки металлоконструкций нефтеперерабатывающих производств должны проводиться с учетом углеводородного температурного горения, в особенности в стадии воздействия реактивного пламени. Полученные значения пределов огнестойкости являются относительными величинами, позволяющими сделать предварительную оценку огнезащитной эффективности.

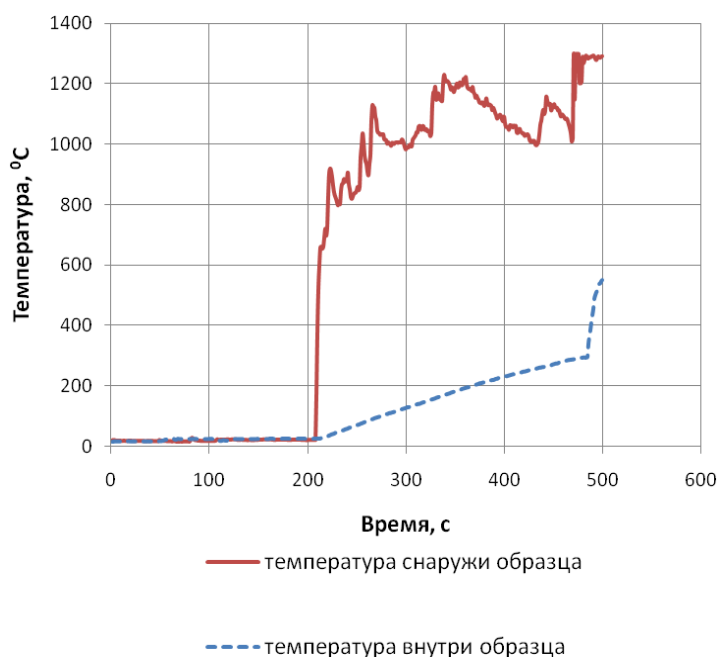


Рис. 2. Температурные кривые при испытании образца № 1

Литература

1. Халилова Р.А. Повышение огнестойкости металлических конструкций объектов нефтегазовой отрасли применением вспучивающихся красок: дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2008. 108 с.
2. ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014 «Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Ч. 2: Альтернативные и дополнительные процедуры. М.: Стандартиформ, 2014.
3. Robin Wade, Chartek Technical Lead «Partners in Engineered Design Solutions for hydrocarbon processing assets?». Presentation of International Fire and Security Conference & Exhibition. 2015. July.