



При поддержке Министерства образования и науки РФ



Сборник материалов

VII Международная  
научно-практическая конференция

«ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ТЕПЛЫЕ АГРЕГАТЫ,  
ЭКОЛОГИЯ»

посвященная 150-летию со дня рождения  
В.Е. Д. М. Горюхова



*В.Е. Д. М. Горюхин*

Москва  
15-17 октября 2015

- Некоторые рекомендации по совершенствованию нагревательных печей.
1. Необходимо создать более адекватные ММ: двух, трёхмерные, с учётом конвекции, с учётом изменения степени черноты металла от температуры, от состава окалины, учитывающие неравномерность температурного поля по ширине печи.
  2. Увеличить число зон регулирования, как это сделано на ММК и Выксе на печах Fives Stein, но при этом улучшить расположение термопар и изменить зависимость расхода газа на нижние зоны от верхних и т.п.
  3. Исключить сводовое отопление – установить боковые (сверху и снизу сляба) скоростные рекуперативные горелки, причём расположить с наклоном как в горизонтальной, так и вертикальной плоскостях, что позволит увеличить коэффициент теплоотдачи к металлу и время контактирования продуктов сгорания непосредственно с металлом.
  4. Перейти на полное отопление печей станов горячей прокатки природным газом, что позволит снизить отрицательное влияние указанных недостатков, и в конечной мере к снижению расхода условного топлива.
  5. Установить 2-х сенсорные системы измерения действительной температуры поверхности сляба в печи: ПИ (ПЧИ или ПСО) + существующий или дополнительный термоэлектрический термометр, измеряющий температуру кладки, т.е. температуру фоновое излучения. Необходимо, чтобы эти установки фиксировали реальную температуру металла после методической зоны, первой и второй сварочных зон. По их показаниям будет возможно оперативно корректировать работу ММ, обеспечивающей расчёт нагрева металла.
  6. Проводить адаптацию действующего алгоритма ММ 1 – 2 раза в год на каждой нагревательной печи стана, что обеспечит стабильное качество нагрева, высокую энергоэффективность работы печей и стана.

Беляев В.В., Мусина Г.Н, Толешов А.К.  
КГИУ, МИСИС

#### ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ПОМЕЩЕНИЯ НА ДИНАМИКУ ПРОТЕКАНИЯ ВЗРЫВА

Одной из наиболее ответственных задач, которую приходится решать на стадии выбора предохранительных устройств для сброса давления взрыва, является определение их достаточной пропускной способности. Очевидно, что требования к площади сечения легкобросаемых конструкций (ЛСК) определяются динамикой развития взрыва в защищаемом помещении. В качестве основных исходных данных, характеризующих динамику этих процессов, используют скорость распространения пламени и величину поверхности фронта пламени.

Горение горючей смеси в сферическом сосуде при центральном поджигании является простейшим и наиболее изученным случаем горения при постоянном объёме. Сферический сосуд часто используется в качестве удобного инструмента для определения нормальной скорости распространения пламени, максимального давления взрыва, скорости нарастания давления взрыва и некоторых других параметров этого процесса, имеющих важное значение для решения практических задач взрывобезопасности [1, 2].

Случай сгорания газа в объёме вытянутой формы имеет большое прикладное значение, поскольку именно такие объёмы наиболее широко распространены в практике. Промышленное ёмкостное оборудование чаще всего имеет цилиндрическую форму, а производственные помещения, транспортные галереи и другие сооружения имеют форму призм с основанием многоугольника (чаще прямоугольника).

Основные отличия и главные трудности в теоретическом описании динамики развития взрывов в несферических объёмах заключаются в том, что в процессе сгорания фронт пламени имеет сложную и непрерывно изменяющуюся форму, а после соприкосновения его со стенками объёма происходит интенсивная передача тепла от продуктов сгорания к стенкам со сложной динамикой этого процесса.

Ещё до касания стенок объёма (рис. 1) пламя «чувствует» их влияние, а первоначальный сферический очаг (1 а) претерпевает деформацию. Считается, что очаг стремится принять форму, подобную форме объёма (1 б) вследствие различия скоростей движения горючего газа перед фронтом пламени.

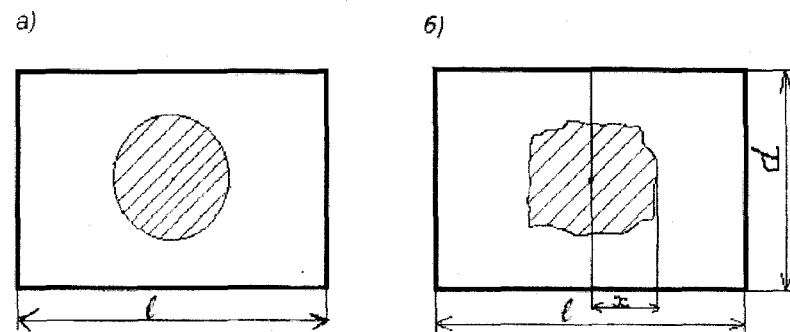


Рис. 1. Упрощённые схемы горения горючей смеси в цилиндрическом объёме при зажигании в центре

Эксперименты показывают [3], что с момента зажигания и до момента касания стенок фронт пламени практически является сферическим. Конечно, в данном случае нельзя утверждать, что сфера является идеальной, так как это противоречило бы приведённым выше рассуждениям, однако для решения ряда практических задач взрывобезопасности такое утверждение может быть принято с достаточной степенью точности. Более того, при отношении длины помещения к его поперечным размерам, близким к единице, динамику развития взрыва в нём вполне можно описывать уравнениями для сферы такого же объёма. Очевидно, что существенные различия будут проявляться, если указанное отношение значительно больше, или значительно меньше единицы.

Решение задачи, когда  $l \gg d$ , приведено в работе [4]. Зажигание горючей смеси осуществляется в геометрическом центре сосуда. Положение искривленного фронта пламени определяется положением некоторого условного поперечного сечения сосуда, находящегося на расстоянии  $x$  от сечения, в котором произведено зажигание смеси. Динамика роста давления описывается в данном случае следующим выражением [4]:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{1}{1 - \frac{1}{1 - \frac{1}{1 + \frac{1}{\gamma} \cdot \gamma (1 - 1) \cdot (1 - e^{-\gamma t})}}}} \quad (1)$$

где  $P$  и  $P_0$  – текущее и начальное давление, Па;  $l$  – длина камеры, м;  $x$  – перемещение фронта пламени в момент времени  $t$ , м;  $\tau$  – постоянная времени экспоненты;  $\gamma$  – показатель адиабаты;  $\varepsilon$  – степень расширения продуктов горения.