

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ
ПО ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВДосаева А.Б., Дюсебаев М.К.¹, Махамбетова У.К.², Аубакиров Г.А.³.АИЭС¹, КазНТУ², КТИ МЧС РК³

Одним из фундаментальных свойств пламени, впервые установленным В.А. Мидельсоном, является способность его к самопроизвольному распространению. Возникнув в результате воздействия источника зажигания, пламя в дальнейшем самостоятельно перемещается как по поверхности горючих жидкостей, так и по поверхности твердых горючих материалов с некоторой скоростью.

Известно, что пожар - это система с распространяющимся горением. Понятие «горение» является довольно широким. Оно включает совокупность сложных физических и химических процессов. Под горением понимают быстрый самоускоряющийся экзотермический процесс, способный распространяться в пространстве с звуковой скоростью и, как правило, сопровождающийся свечением и образованием пламени.

При определении закономерностей на различных фазах процесса горения твердых горючих материалов, основными количественными параметрами, характеризующими этот процесс, являются: массовая скорость горения и линейная скорость распространения пламени по поверхности. Знание этих параметров позволяет прогнозировать динамику развития пожара.

Скорость развития пожара зависит от того, как быстро может распространиться горение от места воспламенения, с охватом все большей площади твердых горючих материалов. Следовательно, способность твердых горючих материалов распространять горение необходимо определять как одну из важных характеристик пожарной опасности.

Знание физико-химических процессов, закономерностей и критических условий горения горючих кровельных материалов позволяет более точно проводить оценку их пожарной опасности и на основании этого определять область их применения в конструкциях покрытий зданий.

При горении твердых горючих материалов выделяют пять зон:

- зона прогрева конденсированной фазы;
- зона реакции в конденсированной фазе (пиролиз);
- предпламенная зона в газовой фазе;
- зона пламенного горения (реакционная зона в газе);
- зона продуктов сгорания.

Наиболее часто наблюдаемым процессом горения твердых горючих материалов, находящихся в газообразной окислительной среде, является распространение пламени по их поверхности. Во всех аналитических моделях, распространение пламени по поверхности твердых горючих материалов, рассматривается как непрерывное диффузионное газофазное воспламенение продуктов разложения.

Тепло от пламени внешнего источника зажигания, попадая на поверхность твердых горючих материалов перед его кромкой, прогревает его слой до температуры, при которой начинается его газификация. Образовавшиеся газообразные горючие продукты разложения твердых горючих материалов диффундируют от поверхности в окислительную среду. В газовой фазе возникает самоускоряющаяся экзотермическая реакция окисления горючих продуктов. Таким образом, обеспечивается непрерывное продвижение пламени по поверхности твердых горючих материалов.

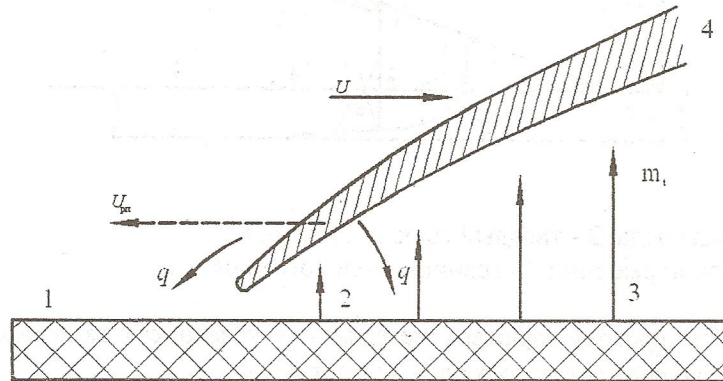
В общем виде скорость распространения пламени V на основе закона сохранения энергии может быть выражена через тепловой поток $\dot{q}$, переносимый от пламени за воспламеняемую поверхность [1];

$$pV\Delta h = \dot{q}, \quad (1)$$

где p - плотность горючего материала ($pV = m$ - массовая скорость горения); Δh - изменение энтальпии при изменении температуры единичной массы от начальной температуры T_0 до температуры T_1 соответствующей температуре воспламенения.

Схема распространения пламени по горизонтальной поверхности твердых горючих материалов представлена на рисунке 1. Направления потока окисляющей газообразной среды и распространения пламени здесь противоположны.

Рисунок 1. Схема распространения пламени по горизонтальной поверхности и твердых горючих материалов



- 1 - зона не воспламененных твердых горючих материалов; 2 - зона пиролиза;
3 - темная зона паров твердых горючих материалов;
4 - зона химической реакции в пламени.

Направление потоков окисляющего газа (U), паров твердых горючих материалов ($m_г$), теплового потока от пламени (q) и волны горения ($U_{гп}$).

На основе теплового баланса, на границе области воспламенения (в кромке ламинарного диффузионного пламени), ее структуры и фундаментального уравнения распространения была проведена оценка скорости распространения пламени.

Рассмотрены были отдельно три основные области, примыкающие к фронту пламени: зоны химической реакции (зона взаимодействия паров горючего и окислителя окружающей среды), области газа и области твердых горючих материалов нагретых теплом, поступающих из зоны химической реакции. На основе анализа теплового баланса, на границе области воспламенения (в кромке пламени) была проведена оценка толщин зоны прогрева вдоль поверхности материала ($\delta_{кп}$) и зоны его газификации ($\delta_{кп-газ}$), необходимой для поддержания горения.

Для термически тонких слоев топлив было найдено, что

$$\delta_{кп} = a_k / V, \quad \delta_{кп-газ} / \delta_{z.min} < RT_M / E \quad (2)$$

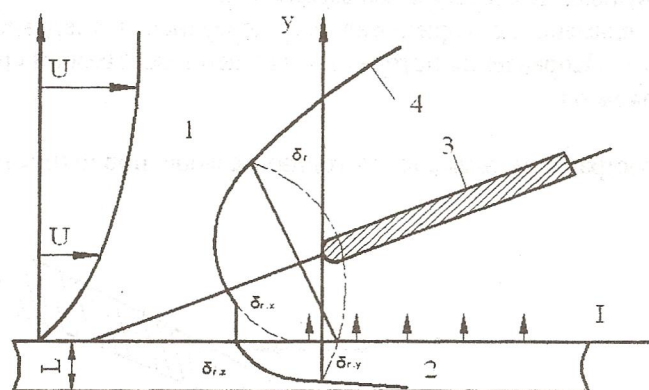
где a_k - коэффициент температуропроводности конденсированной фазы; V - скорость распространения пламени по поверхности; $\delta_{z.min}$ - минимальная толщина газового теплового слоя в кромке пламени определяется по формуле

$$\delta_{z.min} = \left[\frac{2E(T_M - T_0)^2}{RT_M Q w_{max}} \right] \quad (3)$$

Здесь Q , E и w_{min} - тепловой эффект, энергия активации и максимальная скорость газовой химической реакции соответственно;

T_0 - среднее значение температуры на границе теплового слоя.

Рисунок 2. Схема модели распространения диффузионного пламени по поверхности твердых горючих материалов



1 - окислительная среда; 2 - твердый горючий материал;
3 - зона химической реакции; 4 - граница теплового слоя

Это означает, что прогрев горючего материала и начало его газификации происходит на расстоянии меньшем размера газового теплового слоя $\delta_{z,min}$.

При малой скорости распространения пламени $\delta_{кр,г}$ меньше, по сравнению с $\delta_{кр}$. Скорость распространения пламени по поверхности твердых горючих материалов при наличии дополнительного внешнего теплового потока и движения окисляющего газа со скоростью V подчиняется уравнению:

$$V = \frac{V_{max}(1 + \Omega) \cos \alpha - U_o}{1 + Q \delta_{кр} \cos \alpha / \delta_{z,min}}, \quad (3)$$

$$\Omega = \frac{4q_{don}}{\pi Q w_{max} \delta_{кр,min}}, \quad (4)$$

$$Q = \frac{p_x c_x (T_m - T_0)}{p_2 c_2 (T_0 - h_0 / c_2)}, \quad (5)$$

$$V_{max} = \frac{\pi Q w_{max} \delta_{кр,min}^2}{2 p_2 c_2 \delta_{min} (T_0 - h_0 / c_2)} \quad (6)$$

где, V_{max} - максимально возможная скорость распространения пламени по поверхности твердых горючих материалов в отсутствии внешнего потока тепла и вынужденной конвекции;

Q, w_{max} - тепловой эффект и максимальная скорость газофазной химической реакции соответственно;

$\delta_{z,min}$ - минимальная толщина газового теплового слоя;

$\delta_{кр}$ - величина зоны прогрева по толщине твердых горючих материалов;

$\delta_{кр,min}$ - минимальное значение полутолщины зоны реакции в кромке пламени;

$h_0 = c_2 T_0 + V \Delta H_0$ - тепло, затраченное на нагрев и газификацию твердых горючих материалов;

T_m - масштабная температура, характеризующая проявление само-ускоряющейся химической реакции;

α - угол наклона пламени.

Полученное выражение для расчета скорости распространения пламени по поверхности твердых горючих материалов содержит целый ряд неизвестных параметров, экспериментальное

определение которых представляет значительные трудности. Поэтому оно может быть использовано только для качественных оценок.

В настоящее время накоплен большой опыт в теоретическом и экспериментальном исследовании процесса распространения пламени по поверхности твердых горючих материалов. При строгой математической постановке задачи процессы, происходящие в газовой фазе, описываются уравнениями, выражающими собой законы сохранения количества движения, массы, компонент и энергии, включающие в себя радиационный перенос и химическую кинетику.

Введением же ряда допущений возможно сведение этой сложной системы к более простым уравнениям, некоторые из которых позволяют получить аналитическое решение [2,3]. Но подобные допущения сильно ограничивают область применения этих моделей, а также приводит к необходимости введения ряда эмпирических параметров. Однако этот подход дает возможность получать достаточно простые выражения для скорости распространения пламени, учитывающие влияние основных факторов.

1. Rasbaca D.T. - Combust. And Flame, 2006, vol. 26, №3, pp. 411-420.
2. Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А., Молчадский МГС, Шевляков А.Н. Термодинамика пожаров в помещениях. //Под ред. Кошмарова Ю.А.. - М.; Стройиздат, 2003. - 488 с.
3. Яйлиян Р.А., Наумов С.П. Модель распространения пламени по поверхности твердого горючего. Сб. науч. тр. - М. ВНИИПО 1999. - с. 72-78.

* * *

Мақалада қатты жанушы материалдың көлбеу беті бойынша келетін ауа ағымы мен жалынның таралуын үлгілеу

In clause the opportunity of reception of account speed of distribution a flame which is taking into account influence of major factors is considered. Wide experience in theoretical and experimental research of process of distribution a flame on a surface of firm combustible materials now is saved. At strict mathematical statement of a task the processes occurring in a gas phase, are described by the equations expressing by self the laws of preservation of quantity of movement, weight, component and energy including radiating carry and chemical kinetics.

УДК 619:614.94.636.23

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ В СТОЙЛОВЫЙ ПЕРИОД

Данилов М.С.

Восточно-Казахстанский Государственный технический университет им. Д.Серикбаева

Болезни коров в период стойлового содержания являются одной из серьезных проблем в молочном животноводстве. В это время животные находятся в «закрытом» помещении, где ограничено пространство, довольно длительное время (6-7 месяцев).

Циркулирующая в животноводческих помещениях потенциально-патогенная микрофлора, постепенно усиливая свои вирулентные свойства, проникает в организм животного, вызывая различные заболевания, в том числе и органов воспроизводства (2,3,5).

В течение 2007 и 2008 годов нами проводились исследования параметров микроклимата помещений для коров в период их стойлового содержания в КХ «Багратион-2» Уланского района Восточно-Казахстанской области. Животноводческие помещения в хозяйстве типовые, четырехрядные, в которых содержится 180-200 голов, оборудованы механическим навозоудалением с помощью транспортера и шахтной приточно-вытяжной вентиляцией.

В помещениях определяли температуру воздуха и его относительную влажность с помощью психрометра, микробную обсемененность – седиментационным методом, содержание аммиака и сероводорода с помощью универсального газоанализатора УГ-1. Указанные параметры