

4. Дзоценидзе З.Г., Закономерности и механизмы неаддитивных эффектов гомогенного и гетерогенного ингибирования процессов горения: Автореф. Дис. докт. Хим. Наук. 02.00.01. . – Тбилиси. – 1981. – 46 с.
5. Жартовский В.М., Каганюк Д.С., Теоретическое исследование процессов ингибирования горения галогенидами щелочных металлов // Средства порошкового пожаротушения: Сб. науч. тр. – ВНИИПОю 1989. – С. 122-133П116
6. Тропинов А.Г., Жартовский В.М., Баратов Ф.Н., Исследование процессов ингибирования углеводородных пламен методом оптической спектроскопии. – РЖ. Горное дело. – 1988. - №10. – Реф. В104Деп.
7. Rosser, Jr., Inami, S.H., and Wise, H., Combust. Flame 7: 107 (1963)
8. Dewitte M., Vrebosh J., Van Tiggelen A. Inhibition and Extinction of Premixed Flames by Dust Particles // Combust, and Flame. – 1964.– Vol.8, №4. – P. 257–266.
9. Баратов А.Н., Добриков В.В., Шамонин В.Г., О роли гомогенных факторов при ингибировании метановоздушного пламени порошками.// Хим. физика. – 1988. – т. 7., № 6. – С. 827-831
10. Chelliah H.K., Wanigarathne P.C., Lentati A.M., Krauss R.H., Fallon G.S., Effect of sodium bicarbonate particle size on the extinction condition of non-premixed counterflow flames, Combustion and Flame. – 2003. – V. 134. – PP.261-272.

Математическая модель теплового воздействия пожара в обваловании на резервуар, учитывающая конвективный и лучистый теплообмен

А.Е. Басманов, д.т.н., профессор, гл. науч. сотр., Я.С. Кулик, адъюнкт, НУГЗ Украины

Постановка проблемы. Пожар в обваловании резервуара с нефтепродуктом представляет особую опасность в связи с угрозой нагрева стенок резервуара до температуры самовоспламенения нефтепродукта, могущего привести к взрыву паровоздушной смеси. Поэтому для проектирования системы пожаротушения необходимо оценить время, в течение которого должно быть начато охлаждение стенок резервуара, либо ликвидирован пожар в обваловании. Таким образом, возникает необходимость в построении модели теплового воздействия пожара в обваловании на резервуар с нефтепродуктом.

Анализ последних исследований и публикаций. Пожар в обваловании и его воздействие на резервуар с нефтепродуктом рассмотрен в работе [4]. Но построенная в ней модель учитывает лишь лучистую передачу тепла от факела к стенке резервуара, а конвективная составляющая не учтена. В работе [2] построены оценки скорости и температуры восходящих потоков над горящим разливом жидкости, но не рассматривается их воздействие на окружающие объекты.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является построение математической модели нагрева стенки резервуара, не соприкасающейся с налитым в него нефтепродуктом, под тепловым воздействием пожара в обваловании.

Рассмотрим малую область Δ площадью S на сухой стенке резервуара (не соприкасающейся с налитым в резервуар нефтепродуктом). Она участвует в теплообмене:

- теплообмене излучением с факелом – q_1 ;

- конвективном теплообмене с восходящими воздушными потоками над факелом – q_2 ;
- теплообмене излучением с внутренним пространством резервуара – q_3 ;
- конвективном теплообмене с паровоздушной смесью в газовом пространстве резервуара – q_4 .

Общее количество тепла, получаемое областью Δ за промежуток времени dt , идет на ее нагрев на температуру dT :

$$\sum_{i=1}^4 q_i dt = mcdT = \rho VcdT = \rho S\delta cdT,$$

где m , V – масса и объем рассматриваемой области Δ ; δ – толщина стенки резервуара; ρ , c – плотность и теплоемкость стали. Тогда динамика изменения температуры области Δ описывается дифференциальным уравнением

$$\begin{aligned} \frac{dT}{dt} &= \frac{c_0 \varepsilon_\phi \varepsilon_c}{\rho \delta x} \left[\left(\frac{T_\phi}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right] \psi + \frac{c_0 \varepsilon_c}{\rho \delta x} \left[\left(\frac{T_0}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right] (1 - \psi) + \\ &+ \frac{\alpha_2 (T_g - T)}{\rho \delta x} + \frac{c_0 \varepsilon_c}{\rho \delta x} \left[\left(\frac{T_0}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right] + \frac{\alpha_4 (T_0 - T)}{\rho \delta x} = \\ &= \frac{c_0 \varepsilon_\phi \varepsilon_c}{\rho \delta x} \left[\left(\frac{T_\phi}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right] \psi + \frac{c_0 \varepsilon_c}{\rho \delta x} \left[\left(\frac{T_0}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right] (2 - \psi) + \\ &+ \frac{\alpha_2 (T_g - T)}{\rho \delta x} + \frac{\alpha_4 (T_0 - T)}{\rho \delta x}, \end{aligned} \quad (1)$$

где ψ – локальный коэффициент облучения факелом, рассчитанный для центра области Δ , $\psi = \lim_{S \rightarrow 0} H_0/S$.

В [2] построены оценки для скорости и температуры восходящих потоков над очагом горения. Вводя обозначение

$$\varphi = f\left(\frac{r_1}{r_1 + r_2}\right),$$

запишем слагаемое, характеризующее вклад конвективного теплообмена с восходящим воздушным потоком, в виде

$$\frac{\alpha_2 (T_g - T)}{\rho \delta x} = \frac{1}{\rho \delta x} \frac{0,0364 \lambda (u_0 \varphi)^{0,8} \text{Pr}^{0,4} \varepsilon_t}{L^{0,2} \nu^{0,8}} \left[(T_\phi - T_0) \sqrt{\varphi} + T_0 - T \right]. \quad (2)$$

Для свободного конвективного теплообмена (с паровоздушной смесью в газовом пространстве резервуара) значение числа Нуссельта определяется из соотношения [3].

Тогда слагаемое в (1), соответствующее конвективному теплообмену с паровоздушной смесью, примет вид

$$\frac{\alpha_4(T_0 - T)}{\rho \delta} = -0,135 \frac{\lambda}{\rho \delta} \left(\frac{g \text{Pr}}{T v^2} \right)^{1/3} (T - T_0)^{4/3}. \quad (3)$$

Дифференциальное уравнение (1) с учетом соотношений (2)-(3) и начального условия $T(0) = T_0$ определяет динамику изменения температуры произвольно выбранной точки на сухой стенке резервуара.

Выводы. Построена математическая модель нагрева сухой стенки резервуара с нефтепродуктом при пожаре в его обваловании. Модель учитывает лучистый теплообмен с факелом и конвективный теплообмен с поднимающимся над очагом горения воздушным потоком.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович. – М.: Физматгиз, 1960. – 715 с.
2. Басманов А.Е. Оценка параметров воздушного потока, поднимающегося над горящим разливом произвольной формы / А.Е. Басманов, Я.С. Кулик // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУГЗУ, 2013. – № 33. – С. 17-21.
3. Луканин В.Н. Теплотехника / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др. – М.: Высш. шк., – 2002. – 671 с.
4. Улинец Э.М. Математическая модель теплового воздействия пожара разлива нефтепродукта на резервуар / Э.М. Улинец // Проблемы пожарной безопасности. – 2008. – Вып. 24. – С. 227-231.

Исследование процесса каплеобразования в атмосфере при различной влажности воздуха

М.В. Кустов, к.т.н., заместитель начальника кафедры, И.В. Несторчук, курсант, НУГЗУ

Возможность искусственного воздействия на атмосферные осадки позволяет решить ряд таких задач, как тушение ландшафтных пожаров, борьба с наводнениями и засухами, осаждение вредных выбросов в атмосферу и др. Однако решение этой проблемы требует затрат значительного количества энергии и учёта большого массива различных метеорологических факторов, влияющих на процесс осадкообразования. К основным факторам, определяющим процесс осадкообразования, относятся влажность воздуха и наличие центров конденсации. Исходя из этого, одной из проблем, подлежащих разрешению, является исследование влияния концентрации активных центров конденсации на динамику процесса каплеобразования в атмосфере с различной влажностью.

В присутствии активных ядер конденсации (гетерогенная конденсация) каплеобразование происходит при меньшей степени пересыщения в сравнении с чистым водяным паром. В связи с этим, наиболее распространённым методом активного воздействия на осадки является засев облаков кристаллизующими