

На рис.2 заштрихованная область – это зона работы пожарного подразделения. Она может быть вычислена по формуле:

$$\bar{S} = r \cdot \Delta\varphi \cdot \Delta r \quad (7)$$

Учитывая (1) и (4), уравнение (3) может быть записано в виде:

$$\frac{(S_2 - S_1) \cdot q \cdot M}{T} = \frac{r \cdot \Delta\varphi \cdot \Delta r}{T} \cdot (\eta \cdot (c \cdot m_o \cdot (100^\circ - t_o) + k \cdot m_o) + q \cdot M) \quad (8)$$

Простыми преобразованиями можно получить величину зоны \bar{S} , в которой может быть осуществлена успешная борьба с огнем средствами заданного пожарного подразделения:

$$\bar{S} = \frac{(S_2 - S_1) \cdot q \cdot M \cdot \bar{T}}{T \cdot \eta \cdot (c \cdot m_o (100^\circ - t_o) + k \cdot m_o) + q \cdot M} \quad (9)$$

Таким образом можно сделать следующие выводы:

1. Возможности успешной борьбы пожарного подразделения ограничены зоной \bar{S} , величина которой может быть легко определена;

2. Рациональное расположение зоны \bar{S} можно определить заранее и вести подготовку лесного массива до прихода фронта пожара;

3. Раннее обнаружение возгорания лесного массива и оперативное реагирование при рациональном выборе зоны работы пожарного подразделения увеличивают шансы успешной борьбы с лесным пожаром.

К слову, филия интенсивно проводит работы по внедрению в практическое использование принципиально новых лафетных стволов пожарных автомобилей, которые с успехом могут использоваться для тушения верховых пожаров в лесах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ю.Абрамов, Л.Куценко.-Як завбачити контури вигорання лісу.-Пожжежна безпека.– 1997.-№2 – С.30-31.

УДК 629.7.067.8: 614.842.6

В.С. Бабенко, канд. техн. наук

ЭНЕРГЕТИКА ПОЖАРА И ТЕПЛОВОЙ ПОТОК К ПОВЕРХНОСТИ ГОРЯЩЕГО В РЕЗЕРВУАРЕ НЕФТЕПРОДУКТА

Интенсивный рост потребления нефтепродуктов являющийся характерной особенностью современного периода развития цивилизации, делает все более актуальной проблему повышения эффективности систем пожарной безопасности (СПБ) резервуарных парков, методический подход к выбору проектных, конструктивных и режимных параметров которых базируется на данных об энергетике возможного пожара.

Предложенная методика, базирующаяся на фундаментальных представлениях о процессе горения жидкостей в резервуарах и экспериментальных данных, позволяет получить объ-

активный прогноз процесса развития возможного пожара и его энергетики и осуществить обоснованный выбор режимных и проектных параметров эффективной системы предупреждения и тушения пожара.

Интенсивный рост потребления нефтепродуктов являющийся характерной особенностью современного периода развития цивилизации, делает все более актуальной проблему повышения эффективности систем пожарной безопасности (СПБ) резервуарных парков, методический подход к выбору проектных, конструктивных и режимных параметров которых базируется на данных об энергетике возможного пожара [1].

Горение, являясь процессом окисления вещества, сопровождается выделением значительного количества тепла, передаваемого из зоны реакции более холодным участкам окружающей среды. В подавляющем большинстве случаев интенсивность горения обусловлена, в первую очередь, диффузионными процессами подвода горючего и окислителя в зону горения.

В условиях реальных пожаров горение всегда турбулентное, причем образование турбулентного пламени жидкости, горящей на свободной поверхности происходит в условиях естественной конвекции, когда в пределах своей высоты турбулентное диффузионное пламя вовлекает в себя объем воздуха, более чем в 4 раза превышающий необходимый для полного сгорания горючего [2]. С учетом этого интенсивность выделения энергии при пожаре, определяемая, как уже отмечалось, скоростью образования горючей смеси, под которой понимают скорость поступления паров горючего в зону горения, определяется выражением:

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_n \cdot F \cdot H_c, \quad (1)$$

где \dot{m}_n – скорость испарения горючей жидкости; F – площадь горячей поверхности; H_c – теплота сгорания горючей жидкости.

Наиболее подробные данные по пожарам горючих жидкостей в резервуарах приведены в [2,3,4], где исследовались скорости горения углеводородных жидкостей в резервуарах, диаметры которых изменялись в диапазоне от $3,7 \cdot 10^{-3}$ до 22,9 м.

Интегральные данные о скорости горения жидких нефтепродуктов, которые могут быть использованы для оценки размеров пламени и интенсивности тепловыделения при пожарах приведены также в [1].

В [2] показано, что преобладающей формой теплообмена пламени с поверхностью горячей жидкости для пожаров углеводородных горючих веществ при диаметре резервуара > 1 м является лучистый тепловой поток, зависящий от ряда факторов, включая температуру пламени, концентрацию излучающих веществ в нем и геометрические соотношения между пламенем и источником излучения. При этом для большинства пожаров нефтепродуктов излучение их пламени в окружающую среду составляет $\alpha \approx 30\%$ от выделяемого при сгорании тепла, что является вполне удовлетворительным приближением для решения практических задач.

При проведении оценок доли теплового излучения пламени, приходящего к поверхности жидкости, излучающая поверхность пламени может быть представлена в виде цилиндра, высота которого (l) соответствует высоте пламени, а диаметр (D) равен диаметру резервуара, либо сферой диаметром равным высоте пламени, опирающегося на резервуар.

Как показывает анализ, использование модели цилиндрического излучателя дает более завышенные оценки величины теплового потока излучения от пламени к поверхности жидкости по сравнению с моделью сферического излучателя, в связи с чем, ее применение представляется вполне оправданным.

Аппроксимируя пламя простирающимся вверх над поверхностью горячей жидкости цилиндром диаметром D и высотой l , можно записать, что тепловой поток излучения, приходящий от него к поверхности жидкости, будет составлять

$$\dot{Q}_\phi = \alpha \cdot \dot{Q}_c \cdot \frac{D}{2(D+2l)}, \text{ кВт}, \quad (2)$$

где множитель $\frac{D}{2(D+2l)} = \frac{F_{\text{осн}}}{F_\Sigma}$ учитывает относительную долю площади поверхности жидкости в резервуаре в общей площади поверхности цилиндра F_Σ , аппроксимирующего пламя.

Учитывая, что, как показано в [2], высота пламени удовлетворительно описывается выражением

$$l = 0,23 \dot{Q}_c^{0,4} - 1,02D, \text{ м}, \quad (3)$$

где D – диаметр резервуара, м; \dot{Q}_c – интенсивность тепловыделения, кВт,

из (2), (3) можно получить выражение для определения теплового потока излучения от пламени к поверхности жидкости, горящей в резервуаре (или к поверхности пенного слоя, генерируемого при работе системы пожаротушения),

$$\dot{Q}_\phi = 0,5 \cdot \alpha \cdot \dot{Q}_c \frac{D}{0,46 \dot{Q}_c^{0,4} - 1,04D}, \text{ кВт}, \quad (4)$$

или с учетом (1)

$$\dot{Q}_\phi = 0,59 \cdot \alpha \frac{\dot{m} \cdot H_c \cdot D^3}{\dot{m}_{\text{исп}} \cdot H_c^{0,4} \cdot D^{0,8} - 1,56D}, \text{ кВт}, \quad (5)$$

которое, с достаточной для практических расчетов точностью, может быть записано в виде

$$\dot{Q}_\phi \approx 0,65 \cdot \alpha \cdot D^{2,2} \cdot \dot{m}_{\text{исп}}^{0,6} \cdot H_c^{0,6}, \text{ кВт}. \quad (6)$$

Соответственно, выражения для определения теплового потока излучения от пламени к единице поверхности горящей в резервуаре жидкости будут иметь вид

$$q_\phi = \frac{\dot{Q}_\phi}{F} = 0,75 \cdot \alpha \cdot \frac{\dot{m}_{\text{исп}} \cdot H_c \cdot D}{\dot{m}_{\text{исп}} \cdot H_c^{0,4} \cdot D^{0,8} - 1,56D}, \text{ кВт/м}^2 \quad (7)$$

или

$$q_\phi \approx 0,83 \cdot \alpha \cdot D^{0,2} \cdot \dot{m}_{\text{исп}}^{0,6} \cdot H_c^{0,6}, \text{ кВт/м}^2 \quad (8)$$

Для уточнения значений коэффициента α , характеризующего долю тепла, подводимого от пламени к зеркалу жидкости, целесообразно воспользоваться сравнительными данными экспериментальных исследований [2] по интенсивности теплоподвода к поверхности горящих в резервуаре жидкостей (высокооктанового и низкооктанового бензинов и керосина) и расчетов по соотношению (8) для соответствующих горючих жидкостей и геометрических характеристик резервуара.

Их сопоставительный анализ позволяет рекомендовать при проведении расчетных оценок величины теплового потока от пламени к поверхности горящей в резервуаре жидкости следующие значения α :

– для высокооктанового бензина – $\alpha = 0,42 - 0,44$;

– для низкооктанового бензина – $\alpha \cong 0,3$;

– для керосина – $\alpha \cong 0,22 - 0,24$.

При наличии на поверхности жидкости пенного слоя тепловой поток излучения от пламени частично ослабляется за счет диффузного отражения и аккумуляирования тепла в пенном слое.

Кроме того, учитывая, что, как показывают результаты экспериментов [5], потери на разрушение пенного слоя потоком тепла от факела не превышают 5-6%, можно сделать вывод о допустимости пренебрежения потерями тепла в пенном слое, тем более, что подобное допущение идет в запас по эффективности тушения.

Таким образом, с учетом изложенного

$$q_{\phi_{ж}} = (1 - \xi) \cdot \dot{q}_{\phi_{п}}, \quad (9)$$

где ξ – коэффициент, характеризующий ослабление теплового потока излучения при прохождении им пенного слоя.

Полагая, что отражательная способность пенного слоя не превышает значение коэффициента диффузного отражения таких материалов как, например, калька (22%), марля (16%), коричневая бумага (~13%) [6], можно записать

$$\dot{q}_{\phi_{ж}} \approx (0,9 \div 1,0) \cdot \dot{q}_{\phi_{п}} \quad (10)$$

Скорость испарения горючей жидкости с ее поверхности в случае кипения может приниматься равной скорости сгорания [1,2], а при температуре поверхности ($T_{п}$) жидкости меньшей температуры кипения определяться по зависимости [7]

$$\dot{m}_{исп} = \beta_p \cdot p_s^* \cdot F, \quad (11)$$

где β_p – коэффициент массопереноса; p_s^* – давление насыщенных паров нефтепродукта при температуре поверхности жидкости.

Методика определения значений коэффициента массоотдачи для различных нефтепродуктов, хранящихся в резервуарах, приведена, в частности, в [8]. Однако следует иметь в виду, что определение этого параметра по указанной методике связано со значительными трудностями и характеризуется низкой достоверностью, в связи с чем представляется целесообразным при определении $\dot{m}_{исп} = f(T_{п})$ ориентироваться на экспериментальные данные по скорости сгорания, температуре кипения и давлению насыщенных паров нефтепродуктов.

В частности, для бензина, горящего в резервуаре, выражение для скорости испарения с поверхности может быть представлено, в соответствии с указанным подходом и данными о давлении насыщенных паров, в виде [8]

$$\dot{m}_{исп} = \varepsilon \cdot \left(\frac{t_n}{38} \right)^{0,69}, \quad \text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}), \quad (12)$$

где ε – коэффициент, значение которого определяется из условия $\dot{m}_{исп} = \dot{m}_{сг}$ при температуре кипения нефтепродукта; t_n – температура поверхности жидкости, °С.

Скорость поступления паров в зону горения, определяющая энергетику пожара, с учетом изолирующего действия пены, может быть определена, например, по соотношению

$$\dot{m}_{сз} = \dot{m}_{исн} (1 - 0,02 \cdot H_{ПС}), \quad (13)$$

где $H_{ПС}$ – толщина пенного слоя, мм, при выводе которого использованы приведенные в [9] данные о том, что слой пены толщиной $H_{ПС} \cong 50$ мм, уменьшает скорость поступления паров в зону горения в ~30-40 раз.

Предложенная методика, базирующаяся на фундаментальных представлениях о процессе горения жидкостей в резервуарах и экспериментальных данных, позволяет получить объективный прогноз процесса развития возможного пожара и его энергетики и осуществить обоснованный выбор режимных и проектных параметров эффективной системы предупреждения и тушения пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаков М.В., Петров И.И., Реутт В.Ч. Средства и способы тушения пламени горючих жидкостей. – М.: Стройиздат, 1977. – 113 с.
2. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров: Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.
3. Блинов В.И., Худяков Г.Н. Горение жидких бассейнов // ДАН СССР. – 1957. – Т. 113. – №25. – С. 1094.
4. Блинов В.И., Худяков Г.Н. Диффузионное горение жидкостей. – М.: Изд. АН СССР, 1961. – 235 с.
5. В.С. Бабенко, Н.Ф. Свириденко, В.Ф. Кравчуновский, Е.Н. Кузичкин. Огневые испытания барботажной системы предупреждения и тушения пожара в резервуарах с нефтепродуктами // Теория и практика металлургии. – 2001. – №5(25). – С. 57-60.
6. Кошкин Н.Н., Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной физике. – М.: Наука, 1988. – 256 с.
7. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении / Ф.Ф. Абузова, И.С. Бронштейн, В.Ф. Новоселов и др. – М.: Недра, 1981. – 248 с.
8. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. Справ. Изд. /А.Н. Баратов, Е.Н. Иванов, А.Я. Кольченко и др. – М.: Химия, 1987. – 272 с.

УДК 621.873.01

Є. В. Харченко, д-р техн. наук, проф., А. М. Петренко

МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДВОСЕКЦІЙНОЇ СТРІЛИ КОЛІНЧАСТОГО ПІДЙІМАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Пропонується методика розрахунку частот і форм вільних коливань двосекційної стріли колінчастого підйімального пристрою. Секції стріли розглядаються як прямі стержні, параметри поперечних перерізів яких змінюються східчато. Рівняння руху механічної системи побудовані на основі технічної теорії згину. Аналіз коливальних процесів здійснюється із застосуванням матричного методу початкових параметрів.

У нинішній час в будівництві, пожежній справі та в інших галузях народного господарства широко застосовуються колінчасті підйімальні пристрої [1–3]. Механізм, що утворюється шарнірно з'єднаними секціями стріли та двома гідроциліндрами, одночасно служить як для зміни висоти піднімання вантажу, так і для регулювання вильоту і забезпечує високу ефективність роботи технічного засобу. Крім цього, колінчасті підйімальні пристрої характеризуються компактністю та зручністю транспортування і легко приводяться в робоче положення. Актуальне для промисловості завдання піднесення технічного рівня підйімально-