

*Горбенко Н.А.,
Созник А.П., д-р физ.-мат. наук, проф., УГЗУ*

НАГРЕВАНИЕ РЕЗЕРВУАРА С НЕФТЬЮ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА

Предложена уточненная модель для оценки температуры нефтепродукта в соседнем с горящим резервуаре, которая позволяет установить время достижения определенной температуры под влиянием теплового излучения

Постановка проблемы. Пожары нефти и нефтепродуктов, хранящихся в резервуарных парках и перерабатываемых на нефтеперерабатывающих предприятиях, являются сложными для ликвидации чрезвычайными ситуациями. При таких пожарах одним из наиболее опасных факторов может быть воспламенение или взрыв соседнего с горящим резервуара [1]. Возникновение такого фактора способствует каскадному развитию пожара, последствия которого зачастую непредсказуемы. Возможность воспламенения или взрыва возникает не только при непосредственном контакте пламени от горящего резервуара с соседними резервуарами, но и вследствие теплопередачи излучением от факела пламени.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [2-4] были рассмотрены вопросы нагрева соседнего с горящим резервуара. Тепловой поток от горящего резервуара рассматривался в [2-4] в виде суммы детерминированного и случайного слагаемых

$$\Phi(t) = F + \xi(t), \quad (1)$$

$$F = \varepsilon \cdot c_0 \Psi \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right], \quad (2)$$

где ε - приведенный показатель черноты, $c_0 = 5,67 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$, T_1 - средняя температура факела пламени, T - температура обращенной к факелу стороны резервуара, Ψ - интегральный коэффициент облучения, м^2 , t - время. Функция $\xi(t)$ описывает случайный

процесс, который в [2-4] предполагался стационарным с нулевым математическим ожиданием и определенного вида корреляционной функцией.

Дифференциальное уравнение, описывающее нагревание резервуара, имеет вид

$$mcdT = \Phi dt, \quad (3)$$

где m - масса находящегося в резервуаре нефтепродукта, который нагревается в результате теплового облучения, c - его средняя удельная теплоемкость.

Решение уравнения (3) для зависимости температуры T от времени t было найдено в [2,3] в предположении, что $F = \text{const}$. В результате для детерминированной части температуры было найдено выражение

$$\tilde{T}(t) = T_0 + \frac{F}{mc}t. \quad (4)$$

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является оценка температуры T , до которой может нагреться резервуар с нефтью под влиянием лучистого теплового потока от горящего резервуара с учетом того, что в выражении (2) температура зависит от времени, то есть $T = T(t)$.

В этом случае решение уравнения (3) для детерминированного слагаемого можно представить в виде

$$\frac{4\varepsilon_0\Psi \cdot 10^{-8}}{mc}T_1^3t = \ln \frac{(T_1 + T)(T_1 - T_0)}{(T_1 - T)(T_1 + T_0)} + 2\text{arctg} \frac{T_1(T - T_0)}{T_1^2 + TT_0}. \quad (5)$$

В результате, в отличие от выражения (4), получаем более сложную функциональную зависимость температуры T от времени t .

Как и в [2,3] в качестве примера рассмотрим следующую ситуацию. Пусть горит нефть в резервуаре РВС-10000 (диаметр 34,2 м, высота 11,9 м). Предполагая, что факел имеет форму цилиндра высотой 58 м со средней температурой $T_1 = 1500\text{K}$, рассмотрим нагревание соседнего резервуара РВС-10000, находящегося на расстоянии 30 м от горящего резервуара и содержащего 6000 т нефте-

продукта с $c = 2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$. Предположим также [2,3], что при этом нагревается 188 т нефти. Тогда согласно [5] интегральный коэффициент облучения $\Psi = 47 \text{ м}^2$. Принимая, что $\varepsilon = 0,8$ и $T_0 = 300\text{К}$, можно согласно (5) рассчитать зависимость $T(t)$.

На рис.1 приведены результаты расчетов температуры при нагревании резервуара в зависимости от времени в соответствии с (5). Для сравнения также представлена зависимость, определяемая согласно (4). Кривая 1 на рис.1 рассчитана по формуле (5), кривая 3 – по формуле (4), а кривая 2 рассчитана с использованием формулы (5) с учетом того, что случайный процесс описывается, как и [2,3], корреляционной функцией

$$K_{\xi}(t) = \sigma^2 \exp(-\alpha|t|), \quad (6)$$

где было принято, что $\alpha = 2400^{-1} \text{с}^{-1}$, а среднеквадратичное отклонение $\sigma = F/3$.

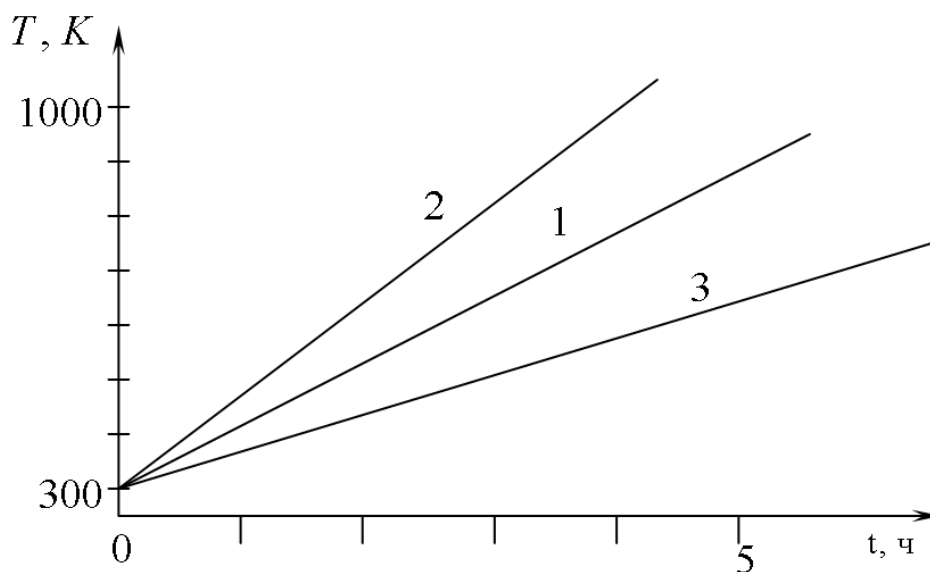


Рис. 1 – Зависимость температуры нефтепродукта от времени: 1 – расчет по формуле (5); 2 – с учетом случайных процессов; 3 – из работы [2]

Из рис. 1 видно, что учет зависимости $T(t)$ в (2) (расчет согласно(5)) приводит к более быстрому нагреванию резервуара по сравнению со случаем, определяемым выражением (4). При этом учет случайных факторов приводит к еще более быстрому возрас-

танию температуры со временем. Из расчетов следует, что с вероятностью $P = 0,1$ температура самовоспламенения нефти ($T = 630\text{K}$) будет достигнута еще раньше, чем дают результаты расчетов [2,3]. В [2,3] было получено, что это время составляет $t \leq 1$ час. Проведенные нами расчеты показывают, что при тех же условиях, что и в [2,3], это время составляет уже $t \geq 1,3$ часа.

Отметим, несмотря на сложную зависимость $T(t)$, даваемую выражением (5), эта зависимость при рассматриваемых нами временах является практически линейной, как и в случае (4).

Выводы. Показано, что при анализе процесса нагревания резервуаров, соседних с горящим, необходимо кроме случайных компонент с большим временем корреляции использовать для нахождения температуры выражение (5) вместо предлагаемого в [2,3] выражения (4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Драйздейл Д. Введение в динамику пожара. М.:Стройиздат,1990. – 424 с.
2. Горбенко Н.А., Говаленков С.В., Басманов А.Е., Созник А.П. Влияние случайных факторов на воспламенение соседних резервуаров при пожаре в резервуарном парке. Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Х.:Фолио, 2004. – Вып.15 – С.59-62.
3. Сознік О.П., Горбенко М.О., Говаленков С.В., Басманов О.Є. Вплив випадкових чинників на спалахування резервуарів з нафтопродуктами. Прикладна геометрія та інженерна графіка. - Мелітополь:ТДАТА, 2004. – Т.26, вип..4. – С.24-28.
4. Горбенко Н.А., Алексеев О.П. Влияние тепловых потоков на нагрев резервуара. Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Х.:Фолио, 2004. – Спец. вып. – С.38-42.
5. Андриенко В.Н., Басманов А.Е., Говаленков С.В., Созник А.П. Зависимость теплового излучения факелов от их формы. Вісник міжнародного Слов'янського університету. Серія «Технічні науки». - Х.:Яна, 2004. – Т.7, № 2. – С.55-60.