

## УДК 614.8

*Ю.А. Абрамов, докт. техн. наук, проф., Национальный университет  
гражданской защиты Украины,*

*А.Е. Басманов, докт. техн. наук, проф., Национальный университет  
гражданской защиты Украины,*

*Д.О. Саламов, Национальный университет гражданской защиты Украины*

### **ВЛИЯНИЕ КОНВЕКТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА К РЕЗЕРВУАРУ ОТ ПОЖАРА РАЗЛИВА ГОРЮЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ЕГО ОБВАЛОВАНИИ**

Пожар разлива горючей жидкости в обваловании резервуара является одной из опасных чрезвычайных ситуаций в резервуарном парке с нефтепродуктами. Тепловой поток от очага горения к резервуару способен привести к нагреву элементов конструкции резервуара до температуры самовоспламенения паров нефтепродукта. Такой нагрев создает угрозу взрыва паровоздушной смеси в газовом пространстве резервуара, что представляет опасность как для личного состава пожарно-спасательных подразделений, задействованных в ликвидации пожара, так и для технического персонала резервуарного парка.

Излучение является основным видом теплопередачи от пожара горючей жидкости на открытом пространстве к окружающим объектам [1]. Поэтому наибольшее внимание уделяется именно этому виду теплопередачи. В работе [2] построена модель теплового воздействия пожара в резервуаре на соседний резервуар с нефтепродуктом путем излучения. Расположение очага горения в верхней части резервуара приводит к тому, что перенос тепла к соседним резервуарам происходит только путем излучения, а конвективная составляющая отсутствует.

В [3] рассмотрена модель теплового воздействия пожара горючей жидкости в обваловании на резервуар с нефтепродуктом, основанная на следующих предположения.

1. Передача тепла от факела разлива горючей жидкости к стенке резервуара происходит излучением по закону Стефана-Больцмана.

2. Стенка участвует в конвективном теплообмене с продуктами горения и разогретым воздухом, поднимающимся над очагом горения, а соответствии с законом Ньютона.

3. Нагревающаяся сухая стенка резервуара (не соприкасающаяся с нефтепродуктом) отдает тепло излучением в окружающую среду и вовнутрь резервуара.

4. Сухая стенка резервуара участвует в конвективном теплообмене с паровоздушной смесью внутри резервуара. Начальная температура паровоздушной смеси равна температуре окружающей среды.

5. Температура стенки резервуара одинакова по всей толщине.

6. Теплопроводность стенки не влияет на распределение температур

вдоль нее.

Тогда температура элементарной площадки на поверхности сухой стенки резервуара описывается дифференциальным уравнением [3]

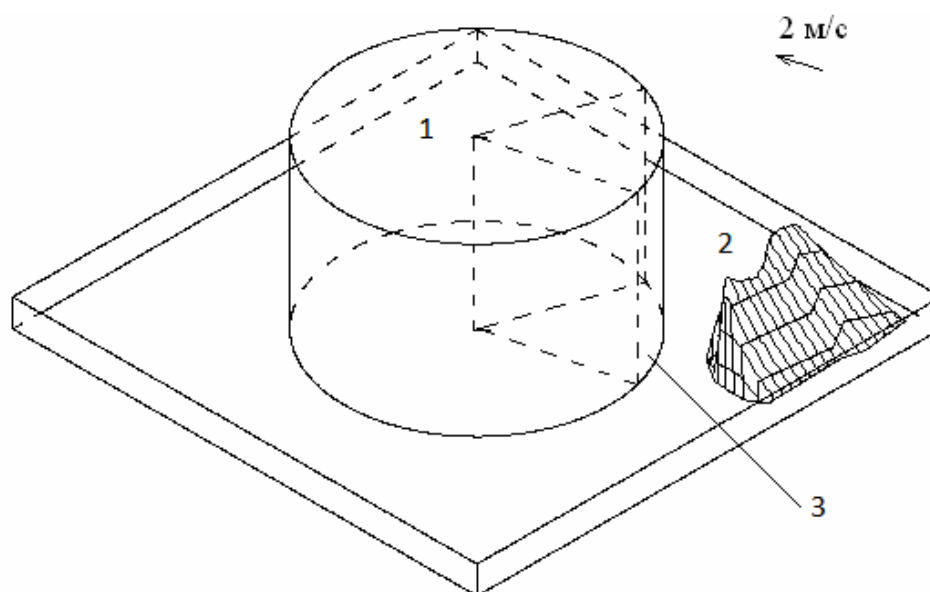
$$\frac{dT_w}{dt} = \frac{c_0 \varepsilon_\phi \varepsilon_w}{\rho \delta c} \left[ \left( \frac{T_\phi}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_w}{100} \right)^4 \right] \psi + \frac{c_0 \varepsilon_w}{\rho \delta c} \left[ \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_w}{100} \right)^4 \right] (1 - \psi) + \frac{\alpha_1 (T_f - T_w)}{\rho \delta c} + \frac{c_0 \varepsilon_w^2}{\rho \delta c} \left[ \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_w}{100} \right)^4 \right] + \frac{\alpha_2 (T_0 - T_w)}{\rho \delta c}; \quad (1)$$

$$T_w(0) = T_0. \quad (2)$$

где  $c_0 = 5,67 \frac{Вт}{м^2 К^4}$ ;  $\varepsilon_\phi$ ,  $\varepsilon_w$  – степени черноты факела и элементарной площадки;  $T_\phi$ ,  $T_w$ ,  $T_0$  – температуры факела, элементарной площадки и окружающей среды;  $\psi$  – коэффициент взаимного облучения;  $\rho$ ,  $c$ ,  $\delta$  – плотность, теплоемкость и толщина стенки резервуара;  $\alpha_1$  – коэффициент конвективного теплообмена внешней части стенки и воздушного потока температурой  $T_f$ ;  $\alpha_2$  – коэффициент конвективного теплообмена внутренней части стенки и паровоздушной смеси в газовом пространстве резервуара.

При этом значения параметров  $\psi$  и  $\alpha_1$  зависят от расположения и размеров разлива, а также от направления и скорости ветра [4].

В качестве примера рассмотрим горение разлива бензина в обваловании резервуара РВС-10000 (диаметр 34,2 м, высота 12 м, ёмкость  $10^4$  м<sup>3</sup>), заполненного нефтепродуктом до уровня 5 м, – рис. 1.



**Рис. 1. Горение разлива бензина в обваловании резервуара РВС-10000: 1 – резервуар; 2 – пламя над разливом; 3 – часть стенки резервуара, обращенная в сторону пожара и подлежащая охлаждению**

Сравнение результатов расчета распределения температуры по вертикали на сухой стенке резервуара, обращенной в сторону пожара, проведенное по модели (1)-(2) [3], учитывающей влияние конвективных потоков от очага горения, и модели [2], не учитывающей такое влияние, показывает, что последняя может давать погрешность до 20% (рис. 2).

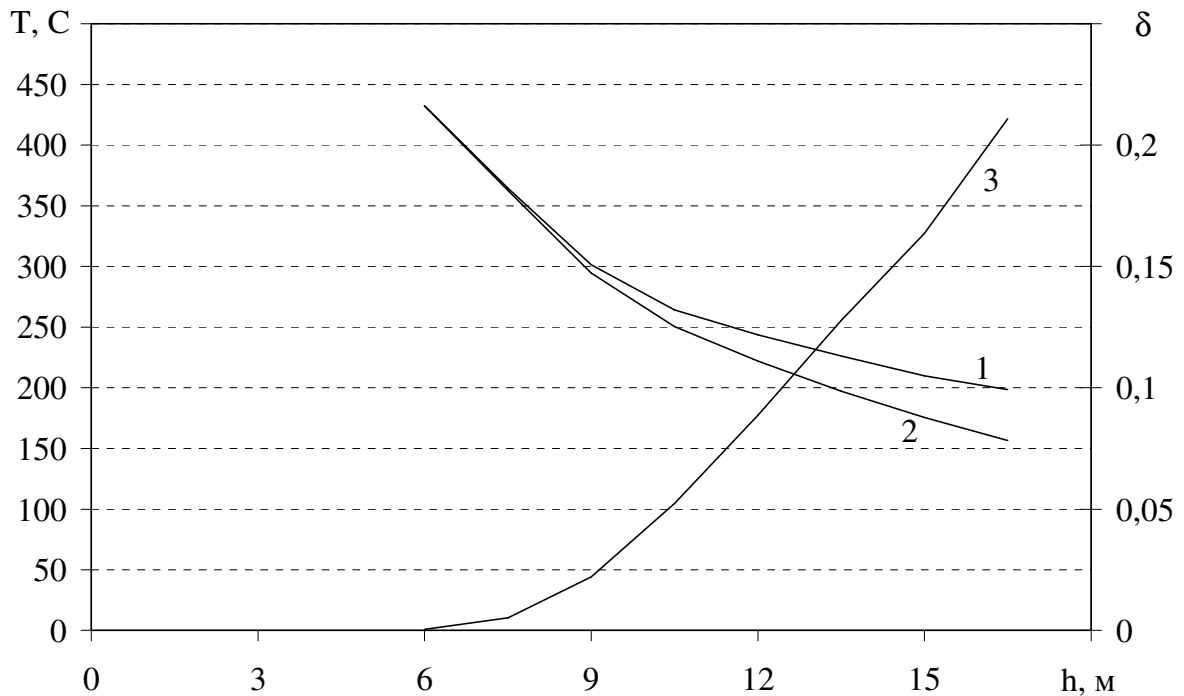


Рис. 2. Распределение температуры по вертикали по сухой стенке резервуара, обращенной в сторону пожара: 1 – с учетом конвективных потоков от очага горения; 2 – без учета конвективных потоков; 3 – относительная погрешность (по правой оси)

Данная погрешность будет тем больше, чем ближе от резервуара находится разлив и чем выше на стенке находится исследуемая точка.

### Список литературы

1. Sjostrom J. Thermal exposure from large scale ethanol fuel pool fires / J. Sjostrom, F. Amon, G. Appel, H. Persson // Fire Safety Journal, 2015, vol. 78. P. 229-237.
2. Абрамов Ю.А. Влияние пожара на резервуар с нефтепродуктом / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Сб. научных трудов. – Харьков, 2005. – Вып. 29. – С. 131-133.
3. Abramov Y.A. Model of thermal effect of fire within a dike on the oil tank / Y.A. Abramov, O.E. Basmanov, A.O. Mikhaluk, J. Salamov // Naukovyi Visnyk NHU, 2018, № 2. – P. 95-100.
4. Басманов А.Е. Оценка параметров воздушного потока, поднимающегося над горящим разливом произвольной формы / А.Е. Басманов, Я.С. Кулик // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: НУГЗУ, 2013. – №33. – С.17-21.