

УДК 614.8

*Басманов А.Е., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., НУГЗУ,
Михайлюк А.А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НУГЗУ,
Туркин И.Б., д-р техн. наук, зав. каф., НАКУ «ХАИ»*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРА МОДЕЛИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Проведена экспериментальная оценка параметра модели локализации чрезвычайной ситуации техногенного характера на примере охлаждения горящего резервуара пожарными стволами

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация техногенного характера, локализация чрезвычайной ситуации, коэффициент теплоотдачи

Постановка проблемы. Первоочередной задачей подразделений МЧС, участвующих в локализации и ликвидации чрезвычайной ситуации в резервуарном парке, вызванной горением нефтепродукта в резервуаре, является охлаждение горящего резервуара [1]. Одной из проблем, которые возникают при этом, является определение необходимой интенсивности подачи воды. Особенно актуальным это является при ограниченном количестве сил и средств, что имеет место после прибытия первых подразделений МЧС к месту вызова.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [2] построена модель охлаждения резервуара водными струями, а в [3] – модель взаимодействия водной струи с вертикальной поверхностью. Однако оценка коэффициента конвективной теплоотдачи в водную пленку отсутствует.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является идентификации параметра модели локализации чрезвычайной ситуации на примере экспериментальной оценки коэффициента конвективной теплоотдачи в водную пленку при охлаждении горящего резервуара пожарными стволами.

При проведении эксперимента в качестве модели сухой стенки горящего резервуара использовался стальной лист (плотность $\rho = 7880 \text{ кг/м}^3$, теплоемкость $c_c = 440 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$) толщиной 2 мм (рис. 1). В качестве источника нагрева листа использовался горящий бензин в поддоне. Вода подавалась с помощью насоса и по-

жарного ствола РС-50 (диаметр насадка 13 мм). Температура листа измерялась термопарой (мультиметр DT-838). Площадь нагрева составляла около $0,25 \text{ м}^2$.

Алгоритм проведения эксперимента заключался в следующем:

- производился поджиг бензина в поддоне 3 и в течение одной минуты стальной лист 5 нагревался под действием пламени 6;
- проводилось измерение температуры листа 2 с помощью термопары;
- начиналось охлаждение листа 5 пожарным стволом 4;
- в ходе охлаждения через каждые пять секунд проводились повторные замеры температуры листа.

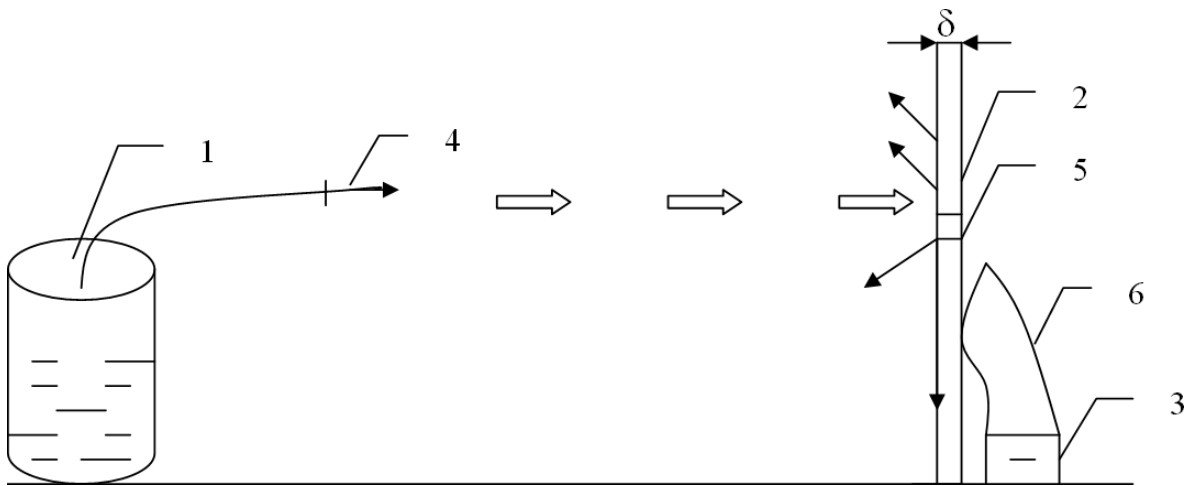


Рис. 1 – Охлаждение водной струей стальной стенки: 1 – емкость с водой; 2 – стенка; 3 – поддон с горящим бензином; 4 – пожарный ствол; 5 – элементарная площадка стальной стенки; 6 – пламя

Для построения модели охлаждения струями воды запишем уравнение теплового баланса для элементарной площади ΔS :

$$(q - q_{\text{охл}}) \Delta S dt = \Delta m c dT, \quad (1)$$

где $\Delta m = \Delta V \rho = \Delta S \delta \rho$ – масса элементарной площадки стального листа; c – теплоемкость стали; δ – толщина стального листа; ρ – плотность стали.

Тогда

$$(q - q_{\text{охл}}) \Delta S dt = \rho \delta c dT. \quad (2)$$

Преобразуя формулу (2) при $T(0) = T_{\max}$, получим

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{\rho\delta c} (q - (T - T_0)\alpha_{охл}). \quad (3)$$

Пусть

$$\theta = q - (T - T_0)\alpha_{охл}, \theta(0) = q - (T_{\max} - T_0)\alpha_{охл}, \quad (4)$$

где T_{\max} – максимальная температура, до которой была нагрета стенка. Тогда

$$\frac{d\theta}{dt} = -\frac{dT}{dt}\alpha_{охл},$$

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{1}{\alpha_{охл}} \frac{d\theta}{dt},$$

$$\frac{d\theta}{dt} = -\frac{\alpha_{охл}}{\rho\delta c},$$

$$\theta = c \cdot \exp\left(-\frac{\alpha_{охл}}{\rho\delta c} t\right).$$

Из начального условия (4) получим

$$\theta(t) = (q - (T_{\max} - T_0)\alpha_{охл}) \exp\left(-\frac{\alpha_{охл}}{\rho\delta c} t\right),$$

$$q - (T - T_0)\alpha_{охл} = (q - (T_{\max} - T_0)\alpha_{охл}) \exp\left(-\frac{\alpha_{охл}}{\rho\delta c} t\right),$$

$$T = T_0 + \frac{q}{\alpha_{охл}} - \left(\frac{q}{\alpha_{охл}} - (T_{\max} - T_0)\right) \exp\left(-\frac{\alpha_{охл}}{\rho\delta c} t\right). \quad (5)$$

Входящий в (5) коэффициент конвективного теплообмена $\alpha_{охл}$ оценим по методу наименьших квадратов

$$\sum_k (T_{\text{експ}}(t_k) - T(t_k))^2 \rightarrow \min_{\alpha_{\text{охл}}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{експ}}(t_k)$, $T(t_k)$ – температуры в момент времени t_k , полученные в эксперименте и расчетным путем по формуле (5). Решение задачи (6) дает оценку $\alpha = 634 \text{ Вт/м}^2$

Сравнение расчетного изменения температуры листа при охлаждении его водными струями с экспериментальными значениями (рис. 2) показывает, что погрешность не превосходит 7%.

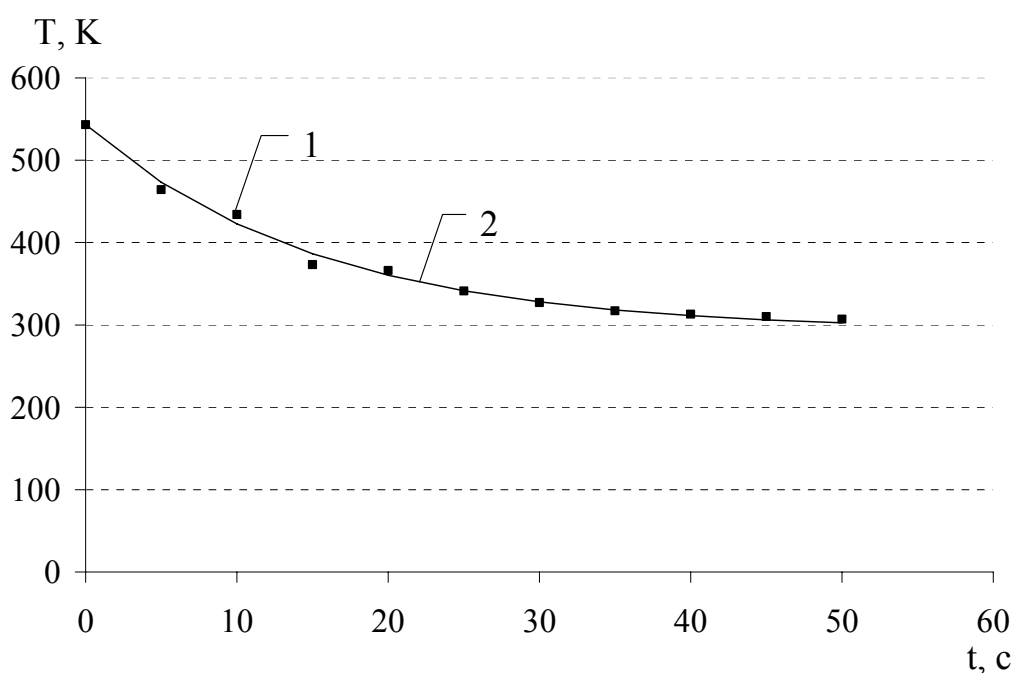


Рис. 2 – Зависимость изменения температуры стенки листа от времени при ее охлаждении водными струями: 1 – экспериментальные данные; 2 – расчетные значения

Выводы. Проведена идентификация параметра модели локализации чрезвычайной ситуации на примере экспериментальной оценки коэффициента конвективной теплоотдачи в водную пленку при охлаждении горящего резервуара пожарными стволами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Ключ. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.

2. Басманов А.Е. Моделирование нагрева водной пленки, стекающей по стенке резервуара / А.Е. Басманов, А.А. Михайлюк // Проблемы пожарной безопасности. – 2010. – №28. – С. 42–46.
3. Басманов А.Е. Взаимодействие водной струи со стенкой резервуара при его охлаждении в условиях пожара / А.Е. Басманов, А.А. Михайлюк // Проблемы пожарной безопасности. – 2009. – №25. – С. 14–20.

Басманов О.Є., Михайлюк А.А., Туркін І.Б.

Ідентифікації параметрів моделі локалізації надзвичайної ситуації

Проведена експериментальна оцінка параметра моделі локалізації надзвичайної ситуації техногенного характеру на прикладі охолодження палаючого резервуару пожежними стволами

Ключові слова: надзвичайна ситуація техногенного характеру, локалізація надзвичайної ситуації, коефіцієнт тепловіддачі.

Basmanov A.E., Mikhailyuk A.A., Turkin I.B.

Identification of model parameters of location of emergency

The experimental estimate of the parameter model of localization of an emergency man-made disasters on the example of the cooling tank on fire fire barrel

Key words: technogenic emergencies, the localization of an emergency, heat transfer coefficient