

УДК 614.8

Ю.А. Абрамов, докт. техн. наук, гл. научн. сотр., НУГЗУ,
В.И. Кривцова, докт. техн. наук, профессор, НУГЗУ,
В.Г. Борисенко, канд. физ.-мат. наук, доцент, НУГЗУ,
О.П. Алексеев, докт. техн. наук, профессор, ХНАДУ

НОМОГРАММЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ КЛАССА В РАСПЫЛЕННОЙ ВОДОЙ

Получены номограммы, обеспечивающие оперативные оценки времени тушения пожаров класса В распыленной водой.

Ключевые слова: распыленная вода, номограмма, оценка времени тушения, пожар класса В.

Постановка проблемы. В последнее время заметно повысился интерес к использованию распыленной воды при тушении пожаров, что обусловлено рядом достоинств при применении такого огнетушащего вещества. Одной из проблем применительно к тушению таких пожаров является отсутствие хорошо апробированных математических моделей, описывающих процесс воздействия распыленной воды на горящую жидкость.

Анализ последних исследований и публикаций. В [1] рассматривается математическое описание процесса тушения пожара класса В распыленной водой, однако полученная математическая модель достаточно сложна для ее использования. Упрощенный вариант математической модели получен в [2], однако в работе не рассматриваются возможные области ее применения. В частности, не рассматриваются варианты получения с помощью такой математической модели оценок времени тушения пожаров класса В распыленной водой.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является получение номограмм, которые могут быть использованы для оперативной оценки времени тушения пожаров класса В распыленной водой.

В предположении, что процесс тушения горючей жидкости происходит вследствие испарения капель воды на ее поверхности, а капли воды не пересекают эту поверхность, для такого процесса можно записать [1]

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} + \frac{\partial \theta}{\partial z}; \quad (1)$$

$$\theta(z,0) = 0; \left. \frac{\partial \theta}{\partial z} \right|_{z=0} = -\frac{I_0 r a K}{\lambda V (T_K - T_0)}; \theta|_{z=\infty} = 0, \quad (2)$$

где

$$\tau = V^2 a^{-1} t; z = V a^{-1} x; \theta = (T_K - T)(T_K - T_0)^{-1}. \quad (3)$$

В этих выражениях T – температура горючей жидкости; T_K, T_0 – температура кипения жидкости и температура окружающей среды соответственно; V – линейная скорость распространения пламени; a – коэффициент температуропроводности; λ – коэффициент теплопроводности; r – теплота испарения воды; K – коэффициент использования воды; I_0 – интенсивность орошения распыленной водой.

В [1] с использованием интегрального преобразования Лапласа получено решение (1) следующего вида

$$\theta(\tau) = A \left[1 + \sqrt{\frac{\tau}{\pi}} \exp(-0,25\tau) - (1 + 0,5\tau) \operatorname{erfc}(0,5\sqrt{\tau}) \right], \quad (4)$$

где

$$A = I_0 r a K [\lambda V (T_K - T_0)]^{-1}. \quad (5)$$

Использование модели, описывающей температуру на поверхности горючей жидкости, в виде (4) обуславливает ряд трудностей. В частности, при определении времени тушения пожара класса В с использованием распыленной воды возникает необходимость в решении трансцендентного уравнения, что возможно лишь численным путем.

Математическая модель (4) может быть упрощена и представлена следующим образом

$$\theta_0(\tau) = A [1 - \exp(-d\tau)], \quad (6)$$

где d – параметр, определяемый решением задачи идентификации в соответствии с критерием

$$\int_0^{\infty} [\theta_0(\tau) - \theta(\tau)]^2 d\tau \rightarrow \min. \quad (7)$$

В [2] показано, что $d = 1,3875$.

Тогда из (5) следует выражение для времени тушения

$$\tau_T = -0,72 \ln(1 - \theta_T A^{-1}), \quad (8)$$

где $\theta_T = (T_K - T_T)(T_K - T_0)^{-1}$, T_T – температура тушения горючей жидкости.

Следует заметить, что из (7) вытекает условие

$$\theta_T < A = I_0 \rho a K [\lambda V (T_K - T_0)]^{-1} = I_0 \rho a \rho K [\lambda \psi (T_K - T_0)]^{-1}, \quad (9)$$

где ρ – плотность горючей жидкости; ψ – массовая скорость выгорания горючей жидкости.

На рис. 1 приведены зависимости $\theta_T = f(T_K)_{T_T = \text{const}}$, а на рис. 2 – зависимость $\tau_T = \varphi(\theta_T A^{-1})$. На рис. 3 приведена зависимость $\tau_T = \varphi(\theta_T A^{-1})$ для малых значений отношения параметров θ_T и A .

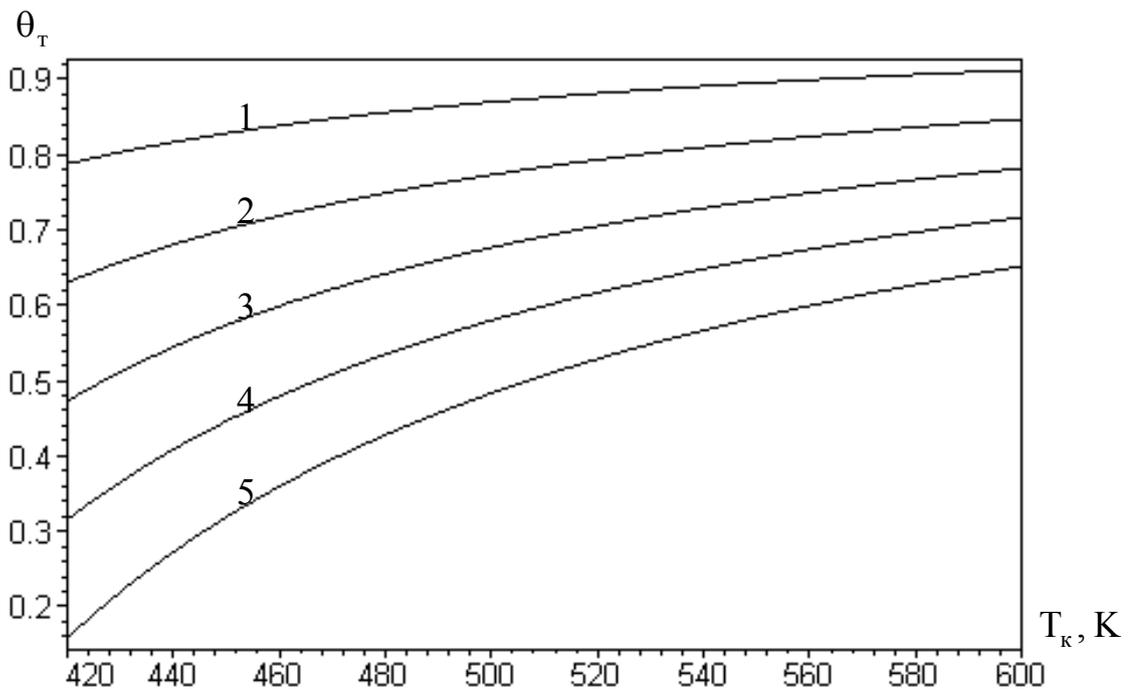


Рис. 1 – Зависимость $\theta_T = f(T_K)_{T_T = \text{const}}$: 1 – $T_T = 320$ К; 2 – $T_T = 340$ К; 3 – $T_T = 360$ К; 4 – $T_T = 380$ К; 5 – $T_T = 400$ К

Совокупность приведенных графических зависимостей представляет собой номограммы, с помощью которых возможно оперативное определение потенциальных возможностей при тушении пожаров класса В распыленной водой. Физически это означает, что определяются характеристики очага горения в виде горючей жидкости

при его тушении распыленной водой и при условии, что интенсивность подачи описывается функцией Хевисайда.

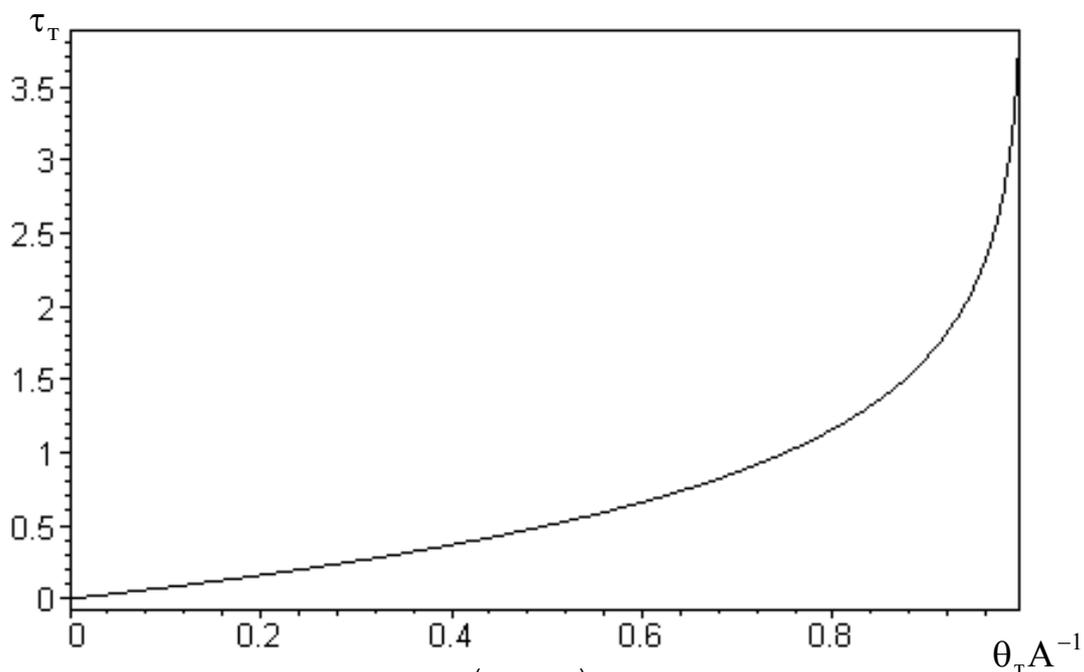


Рис. 2 – Зависимость $\tau_T = \varphi(\theta_T A^{-1})$ при $\theta_T A^{-1} \leq 0,995$

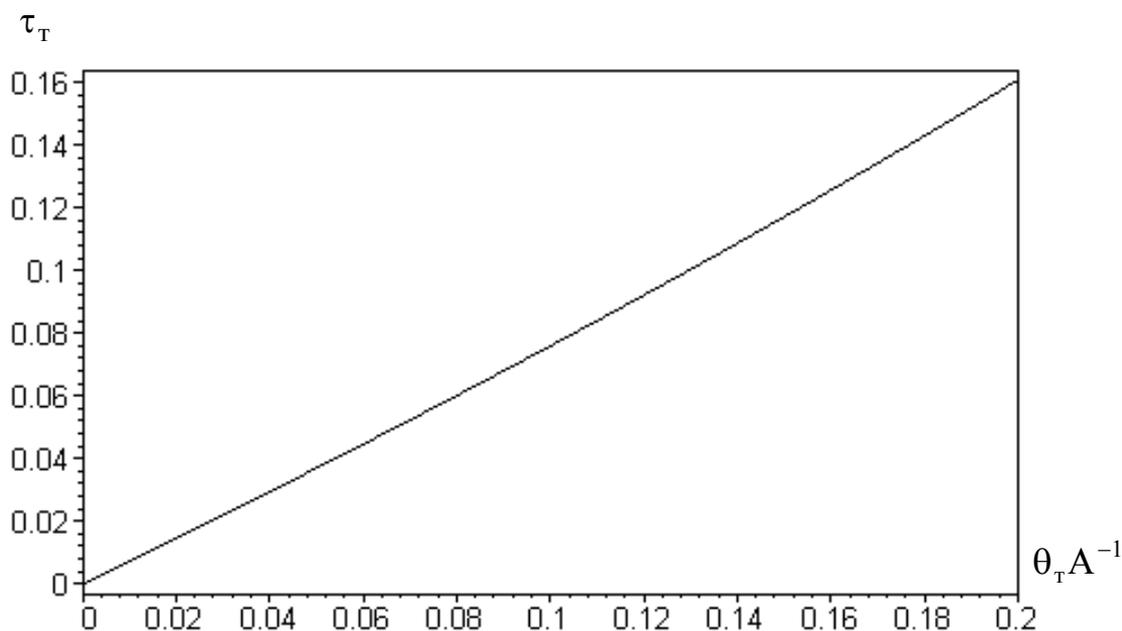


Рис. 3 – Зависимость $\tau_T = \varphi(\theta_T A^{-1})$ при $\theta_T A^{-1} \leq 0,2$

В частности, если горючей жидкостью является трансформаторное масло, для которого $T_k = 580 \text{ К}$, $T_T = 463 \text{ К}$, $\rho = 7,5 \cdot 10^2 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, $\psi = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \text{с}^{-1}$, $a = 1,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 \text{с}^{-1}$, то согласно (8) имеет место – $A = 13,4 \text{ Кл}_0$. Если при тушении имеет место,

что $K = 0,2$, $I_0 = 0,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \text{с}^{-1}$, то величина параметра A равна 2,14. Вследствие того, что для трансформаторного масла $\theta_T = 0,43$ (см. выражение (3)), то $\theta_T A = 0,2$. Тогда время тушения масла в соответствии с номограммой, приведенной на рис. 3, равно 0,16, что в размерных величинах составляет 7,2 с.

Выводы. Применительно к процессам тушения пожара класса В распыленной водой получены номограммы, позволяющие оперативно определить потенциально достижимые характеристики систем пожаротушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Садковой В.П. Упрощенная математическая модель объекта управления системы автоматического пожаротушения / В.П. Садковой, Ю.А. Абрамов // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2007. – Вип. 43. – С. 142-146.

2. Садковой В.П. Выбор модели объекта управления в системе ослабления последствий чрезвычайных ситуаций / В.П. Садковой // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2007. – Вип. 6. – С. 115-120.

nuczu.edu.ua

Ю.О. Абрамов, В.І. Кривцова, В.Г. Борисенко, О.П. Алексеев

Номограми для оцінки часових характеристик гасіння пожеж класу в розпиленю водою

Отримано номограми, що забезпечують оперативні оцінки часу гасіння пожеж класу В розпиленою водою.

Ключові слова: розпилена вода, номограма, оцінка часу гасіння, пожежа класу В.

Y.A. Abramov, V.I. Krivtsova, V.G. Borisenko, A.P. Alekseev

Nomograms for estimation of time characteristics of fire class b distinguishing by water spray

Nomograms for operative estimations of fire class B distinguishing by water spray are built.

Keywords: water spray, nomogram, estimation of distinguishing time, class B fire.