
УДК 614.84

*А.А. Киреев, канд. хим. наук, доцент, НУГЗУ,
К.В. Жерноклёв, канд. хим. наук, старший преподаватель, НУЦЗУ,
Л.Н. Куценко, доктор техн. наук, профессор, НУГЗУ*

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ КЛАССА «А» ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИМИ СОСТАВАМИ. УЧЁТ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВТОРНОГО ВОСПЛАМЕНЕНИЯ

Разработана феноменологическая модель пожаротушения с использованием гелеобразующих составов, учитывающая возможность повторного воспламенения. На её основании проведена оценка времени тушения пожаров класса А. При расчётах использовались экспериментально определённые времена повторного воспламенения образцов древесины, потушенных гелеобразующими составами.

Ключевые слова: математическая модель пожаротушения, время повторного воспламенения, пожары класса А, гелеобразующие системы

Постановка проблемы. Повышение эффективности пожаротушения является важной задачей, которая далека от своего решения. Одной из задач по рациональной организации пожаротушения является определение сил и средств, необходимых и достаточных для ликвидации пожаров и загораний. Количественно эта задача может быть решена на основе разработки математических моделей пожаротушения.

Математическая модель пожаротушения должна включать в себя учёт скорости распространения пожара, скорости его тушения, а также учёт возможности повторного воспламенения. До настоящего времени не разработаны математические модели процесса пожаротушения, которые бы учитывали возможность повторного воспламенения.

Анализ последних исследований и публикаций. До настоящего времени вода остаётся основным огнетушащим веществом. Одними из существенных недостатков воды как огнетушащего вещества являются большие потери её за счёт стекания, низкий показатель её огнетушащей эффективности и малое время повторного воспламенения материалов потушенных с использованием воды. Для решения проблемы больших потерь воды при тушении пожаров были предложены огнетушащие и огнезащитные гелеобразующие составы (ГОС) [1-2]. Среди ряда преимуществ ГОС существенное значение имеет большое время повторного воспламенения поверхностей, потушенных с использованием таких составов [3-5].

Постановка задачи и её решение. Целью работы является создание феноменологической модели пожаротушения, учитывающей возможность повторного воспламенения и оценку с помощью такой модели времени тушения пожара с использованием ГОС.

Повторное воспламенение твёрдых горючих материалов возникает по двум основным причинам. Во-первых, повторное воспламенение возможно за счёт тепла аккумулированного в потушенном материале. Второй причиной повторного воспламенения является воздействие на потушенные участки пожара теплового излучения или пламени от непотушенных участков пожара. Этот вид повторного воспламенения сильно затрудняет тушение крупных пожаров.

Для осуществления количественных оценок времени тушения необходимы численные значения времён повторного воспламенения твердых горючих материалов, потушенных с использованием ГОС. Такие данные были получены экспериментально [3-5].

Примем основные обозначения те же, что и ранее [6-7]:

S – площадь горящей поверхности; s – скорость тушения; S_0 – начальная площадь горящей поверхности; k – коэффициент площади горения; $\tau_{\text{туш}}$ – время тушения; P – расход ОБ (кг/с или л/с); a и b коэффициенты при линейном и квадратичном члене в уравнении зависимости площади горения от времени; ГОС-1 – $\text{CaCl}_2(42\%)+\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2(28\%)$; ГОС-2 – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4(25\%) + \text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2(12\%)$.

Рассмотрим случай тушения, когда горючие материалы образуют в основном большие открытые поверхности горения и площадь горения постоянна ($S = S_0$). Успешное тушение может быть достигнуто при условии:

$$\tau_{\text{туш}} < \tau_{\text{п.в.}}, \quad (1)$$

где $\tau_{\text{п.в.}}$ – время повторного воспламенения.

В случае постоянной площади пожара время тушения составит:

$$\tau_{\text{туш}} = \frac{S_0}{s} = \frac{\Phi \cdot S_0}{P}, \quad (2)$$

где Φ величина реального удельного расхода огнетушащего вещества (ОВ).

Время повторного воспламенения для двух выбранных ГОС хорошо описывается полиномами второй степени:

$$\tau_{\text{п.в.}} = f\Phi^2 + d\Phi + c. \quad (3)$$

Соответствующие значения коэффициентов c , d и f для двух ГОС были экспериментально определены ранее [3-5].

На основании соотношений (1–3) условие отсутствия повторного воспламенения при постоянной площади пожара запишется:

$$\Phi \cdot S_0 / P < f\Phi^2 + d\Phi + c. \quad (4)$$

Оптимальным значением Φ будет его минимальное значение, обеспечивающее выполнение неравенства (4). На рис. 1 представлены графические решения этого неравенства для двух ГОС. На нём приведены зависимости времени тушения пожаров разной площади и времени повторного воспламенения для воды (4), ГОС-2 (5), ГОС-1 (6) от удельного расхода ОВ. Расход ОВ во всех случаях принят 5 кг/с. Для воды время повторного воспламенения практически не зависит от удельного расхода на тушение и для всех значений удельного расхода больших 1 кг/м² принята равной 2,5 мин. [3-5].

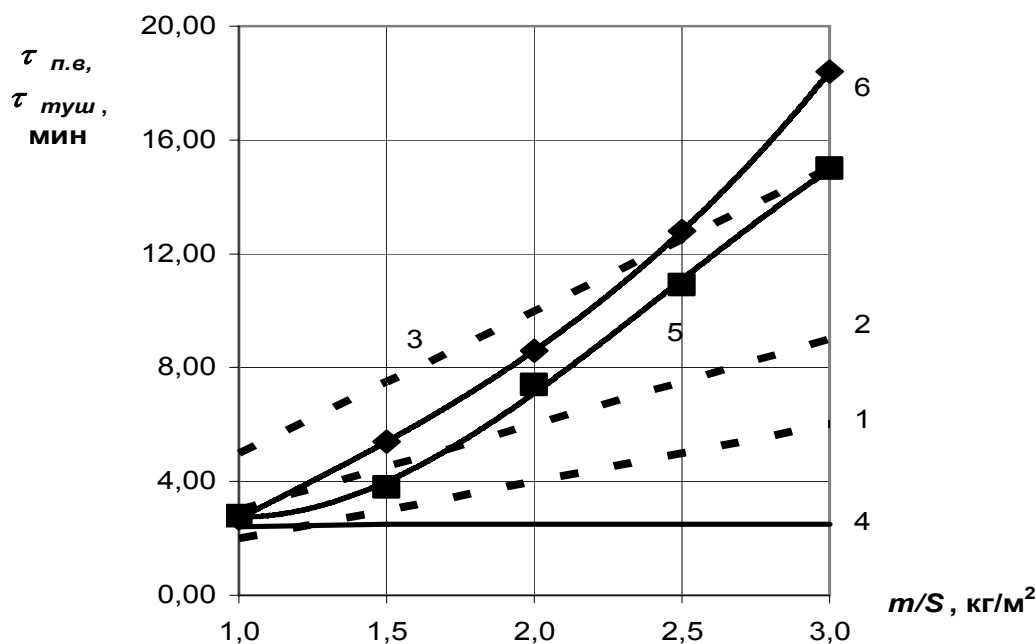


Рис. 1 – Зависимости времени тушения ($\tau_{туш}$) (прямая (1) $S_0=600$ м², прямая (2) $S_0=900$ м², прямая (3) $S_0=1500$ м²) и времени повторного воспламенения ($\tau_{п.в.}$) для воды (4), ГОС-2 (5), ГОС-1 (6), от удельного расхода ОВ (m/S) (случай постоянной площади горения)

Как видно из приведенных зависимостей распыленной водой можно потушить только пожар с площадью горения до 600 м². ГОС-2 можно потушить пожар с площадью горения 900 м², если обеспечить удельный расход ОВ более 1,7 кг/м². ГОС-1 позволяет потушить без

возникновения повторного воспламенения пожар с площадью горения 1500 м^2 , если обеспечить удельный расход ОВ более $2,5 \text{ кг/м}^2$.

Теперь рассмотрим случай, когда площадь горения увеличивается со временем. Для линейного закона роста площади горения со временем выражение (1) трансформируется в неравенство [6-7]:

$$\frac{S_0}{P/\Phi - a} < f \cdot \Phi^2 + d \cdot \Phi + f \cdot \Phi^2. \quad (5)$$

Для квадратичного закона роста площади пожара со временем с учётом соотношения получим [6-7]:

$$\frac{P/\Phi - a - \sqrt{(P/\Phi - a)^2 - 2bS_0}}{b} < f \cdot \Phi^2 + d \cdot \Phi + c. \quad (6)$$

На рис.2 и 3 представлены графические решения неравенств (5) и (6). В первом случае принято $S_0 = 300 \text{ м}^2$, $a = 1,7 \text{ м}^2/\text{с}$. Как видно из приведенных зависимостей, успешное тушение может быть достигнуто при обеспечении удельного расхода для ГОС (1) вплоть до $2,2 \text{ кг/м}^2$, а для ГОС (2) до $2,4 \text{ кг/м}^2$.

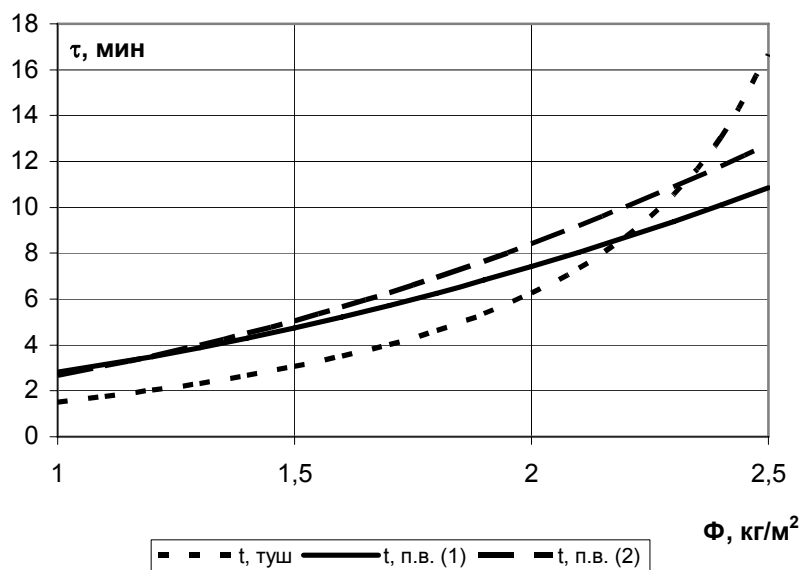


Рис. 2 – Зависимости времени тушения ($t_{\text{туш}}$) и времени повторного воспламенения для образцов древесины потушенных ГОС-2 ($t_{\text{п.в. (1)}}$) и ГОС-1 ($t_{\text{п.в. (2)}}$) от удельного расхода ОВ Φ (случай линейного роста площади пожара от времени).

В случае квадратичного закона роста площади пожара со временем (рис.3) принят радиус пожара $10,5 \text{ м}$, линейная скорость его распространения $0,01 \text{ м/с}$ и коэффициент поверхности горения $1,5$.

Как видно из приведённых зависимостей, при тушении открытых поверхностей по времени повторного воспламенения небольшое преимущество проявляет ГОС-1.

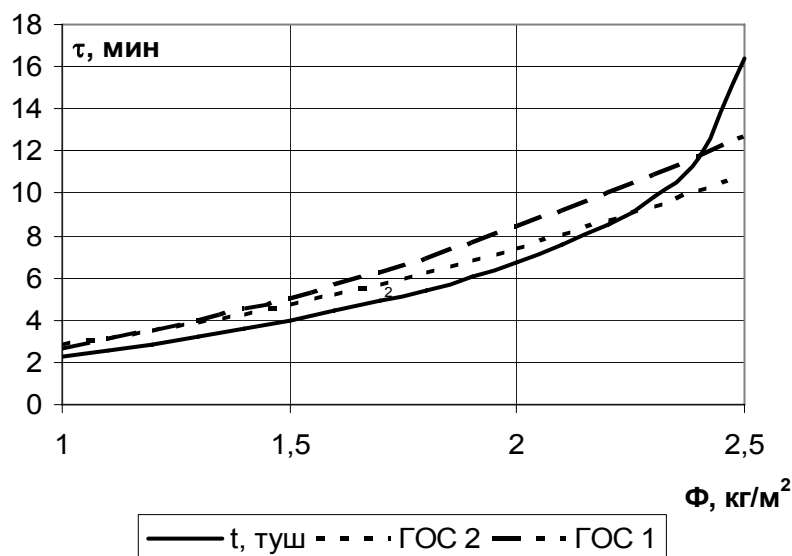


Рис. 3 – Зависимости времени тушения (t туш) и времени повторного воспламенения для образцов древесины потушенных ГОС-1 и ГОС-2 от удельного расхода ОВ Φ (случай квадратичного закона роста площади).

Выводы. Использование ГОС позволяет существенно уменьшить время тушения пожаров за счёт увеличения времени повторного воспламенения по сравнению с тушением водой. Среди ГОС преимущество при тушении открытых поверхностей имеет система $\text{CaCl}_2(42\%)+\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2(28\%)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киреев О.О., Бабенко О.В. Обґрунтування вибору систем для дослідження явища гелеутворення при розробці нових рідинних засобів пожежогасіння. “Проблемы пожарной безопасности.– 2002, вып.12. –С.107-110.
2. Патент 2264242 Российская федерация. МПК⁷ А62С, 5/033. Способ тушения пожара и состав для его осуществления Борисов П.Ф., Росоха В.Е., Абрамом Ю.А., Киреев А.А., Бабенко А.В. Заявитель и патентообладатель Академия пожарной безопасности Украины №2003237256/12; опубл. 20.11.2005, Бюл.№32.
3. Киреев А.А. Исследование повторного воспламенения древесины, потушенной гелеобразующими составами // А.А. Киреев, Абрамов Ю.А., Александров А.В. // Проблемы пожарной безопасности.– 2006.– вып. 20.– с.86-89.

4. Абрамов Ю.А. Влияние гелеобразных слоёв на время повторного воспламенения древесины / Ю.А. Абрамов, А.А. Киреев, О.Н. Щербина // Пожежна безпека. – 2007.– №.10.– С.88-91.

5. Киреев А.А. Исследование повторного воспламенения древесины обработанной гелеобразующими огнетушащими составами / А.А. Киреев, С.Н. Бондаренко // Проблемы пожарной безопасности. – 2009.– вып. 25.– С.65-72.

6. Абрамов Ю.А. Феноменологический подход к оценке времени тушения пожара при использовании огнетушащих гелеобразующих составов / Ю.А. Абрамов, А.А. Киреев, А.Я. Шаршанов // Проблемы пожарной безопасности. – 2007.– вып.21.– С.3-9.

7. Киреев А.А. Оценка времени тушения крупных пожаров при использовании гелеобразующих составов / А.А. Киреев, К.В. Жерноклёв, А.Н. Коленов // Проблемы пожарной безопасности.– 2009.– вып.26.– С.36-43.

nuczu.edu.ua

О.О. Кіреєв, К.В. Жернокльов, Л.М. Куценко

Оцінка часу гасіння пожеж класу А гелеутворюючими складами. Врахування можливості повторного займання.

Побудована феноменологічна модель пожежегасіння з використанням гелеутворюючих складів, яка враховує можливість повторного займання. На її основі проведена оцінка часу гасіння пожеж класу А.

Ключові слова: математична модель пожежегасіння, час повторного займання, пожежі класу А, гелеутворюючі склади.

A.A. Kireev, K.V. Zhernoklov, L.N. Kucenko

Estimation the time of extinguishing fires by class A with using of gelforming systems. Take into consideration possibility of repeat inflame.

Phenomenon mathematical model of fire extinguishing with use of gelforming systems was construction. This model take into consideration possibility of repeat inflame. On the base of mathematical model the time of the extinguishing fires was estimation.

Key terms: mathematical model of fire extinguishing, time of repeat inflame, gelforming system, class A fire.