

**Д. А. КОРОЛЬЧЕНКО**, канд. техн. наук, заведующий кафедрой комплексной безопасности в строительстве, Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: ICA\_kbs@mgsu.ru)

УДК 614.84.664

## ТУШЕНИЕ ПЛАМЕНИ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ С ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ВСПЫШКИ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ СЛОЕВ С ПОМОЩЬЮ ВОЗДУХА И ПЕНОЙ НИЗКОЙ КРАТНОСТИ (ПОДСЛОЙНЫМ СПОСОБОМ)

Определен способ тушения горючих жидкостей, имеющих высокую температуру кипения, который предусматривает охлаждение поверхностного слоя до температуры вспышки. Получена кривая зависимости удельного расхода воздуха от интенсивности его подачи с минимумом, положение которого соответствует оптимальной интенсивности подачи. Рассмотрена модель процесса тушения пламени горючей жидкости методом перемешивания ее “холодных” слоев, поступающих на поверхность с восходящим потоком воздуха, с горящим слоем. Проведено сравнение результатов расчета и экспериментов по тушению пламени дизельного топлива на полигоне и стендовой установке. Сопоставлены результаты тушения горючей жидкости методом перемешивания слоев с помощью воздуха и пеной низкой кратности, полученной из пленкообразующего пенообразователя.

**Ключевые слова:** тушение горючих жидкостей; тушение подслоинным способом; горение резервуара; модель процесса тушения струей воздуха; пена низкой кратности.

**DOI:** 10.18322/PVB.2016.25.01.61-67

Способ тушения горючих жидкостей (ГЖ), имеющих высокую температуру кипения, предусматривает охлаждение их поверхностного слоя до температуры вспышки [1–3]. Этот эффект может быть обеспечен подачей воды грубого распыла [4, 5] или фреона в виде распыленной струи [6, 7] либо методом перемешивания нижележащих “холодных” слоев нефтепродукта в резервуаре с верхними, температура которых близка к температуре кипения [1, 2]. Перемешивание нефтепродукта достигается также при подаче пены в основание резервуара в слой нефтепродукта [5, 8–10].

Метод перемешивания при тушении дизельного топлива активно разрабатывался в 60-е годы [1, 3] и был обобщен в работе Блинова – Худякова [1]. Большое внимание в ней было уделено тушению пожаров нефти подачей струи воздуха в основание резервуара. Воздух не является огнетушащим веществом, но в частном случае с его помощью достигается эффект прекращения горения. Иначе говоря, хотя тушение обеспечивается не самим воздухом, а вследствие перемешивания холодных слоев нефтепродукта с горящим поверхностным слоем, фактически речь идет о способе тушения с помощью воздуха, который и создает условия для перемешивания слоев.

При этом чем больше расход воздуха, тем больше “холодного” дизельного топлива поднимается к горячей поверхности. По мере вытеснения с границы раздела кипящей жидкости и формирования на горячей поверхности “холодного” слоя температура поверхностного слоя снижается и, как следствие, уменьшается скорость испарения углеводорода. После полного покрытия горячей поверхности слоем с температурой ниже, чем температура вспышки, горение прекращается.

Цель настоящей работы — разработать модель процесса тушения пламени горючей жидкости (дизельного топлива) и выявить оптимальные параметры его тушения методом перемешивания ГЖ струей воздуха.

Работу проводили на стендовой установке, предназначенной для исследования огнетушащей эффективности пенообразователей, применяемых для “подслоинного” тушения пожаров нефтепродуктов, по ГОСТ Р 50588–2012. В данном случае для испытаний вместо пены в основание резервуара подавали воздух с заданным расходом, при этом исследовали зависимость времени тушения и удельного расхода воздуха от интенсивности его подачи.

В работе Блинова – Худякова [1] было предложено эмпирическое уравнение для описания зависимости времени тушения  $\tau_T$  (с) от расхода воздуха. При прочих равных условиях эта зависимость имеет вид:

$$\tau_T = \frac{a_4}{q_0^{2/3} - q_{кр}^{2/3}}, \quad (1)$$

где  $a_4$  — параметр, зависящий от физико-химических свойств жидкости,  $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{1/3}$ ;

$q_0$  — расход воздуха,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$q_{кр}$  — критический расход воздуха,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Удельный расход воздуха  $Q$  ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ), использованного на тушение ГЖ, определяется по формуле

$$Q = J\tau_T, \quad (2)$$

где  $J$  — интенсивность подачи воздуха,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ .

Анализ зависимости удельного расхода воздуха от интенсивности его подачи с использованием формул (1) и (2) показывает, что данная зависимость не имеет минимума, поэтому непригодна для выявления оптимальной интенсивности подачи воздуха при тушении пламени подслоным способом.

На рис. 1 представлены результаты экспериментов, полученные при исследовании зависимости времени тушения от расхода воздуха [1]. Судя по форме экспериментальной кривой, эти результаты не могут быть описаны формулами (1) и (2), а дополнительный анализ, проведенный нами, позволил получить кривую удельного расхода воздуха с минимумом, положение которого соответствует оптимальной интенсивности его подачи.

Рассмотрим модель процесса тушения пламени дизельного топлива методом перемешивания потоков холодной жидкости, увлекаемых вверх восходящим потоком воздуха, с горящим поверхностным слоем ГЖ.

В замечаниях Блинова – Худякова [1] было указано, что “...холодная жидкость, вынесенная струей из глубинных слоев, растекается по поверхности... и играет роль полога, прикрывающего жидкость...”.

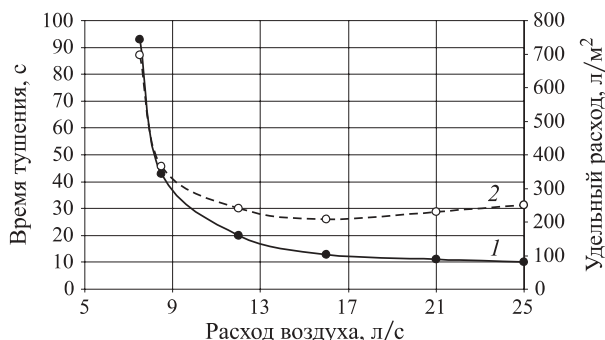


Рис. 1. Зависимость времени тушения (эксперимент Блинова – Худякова) (1) и удельного расхода (рассчитанного нами) (2) от расхода воздуха, подаваемого в слой горящего дизельного топлива

Исходя из этого в настоящей работе предложена модель процесса тушения жидкости, предусматривающая формирование на горячей поверхности слоя жидкости с температурой ниже температуры вспышки. Этот слой в дальнейшем будем называть “холодным”.

Анализ процесса тушения основан на рассмотрении материального баланса жидкости, поступающей в поверхностный слой и опускающейся в глубину за счет конвективных потоков, которые формируются восходящим потоком воздуха и вследствие разницы в плотностях “холодной” и горячей жидкости.

При подаче воздуха масса жидкости из нижних слоев нефтепродукта в резервуаре увлекается им к поверхности. По мере растекания “холодного” слоя жидкости по горячей поверхности скорость ее испарения снижается и, соответственно, уменьшается тепловой поток от факела пламени к горячей поверхности. Тушение пламени будет достигнуто, когда вся поверхность горячей жидкости будет полностью покрыта “холодным” слоем жидкости.

При анализе результатов эксперимента основная трудность была связана с определением интенсивности потока жидкости, формирующегося струей поднимающихся пузырей воздуха. Судя по работам [1, 2], эта зависимость при невысоких расходах воздуха близка к линейной; при этом количество поднимающегося раствора численно в 7–10 раз меньше расхода воздуха. Уточнение величины, характеризующей соотношение расходов воздуха и нефтепродукта, будет проведено после сопоставления результатов расчета и эксперимента.

Для анализа использовали результаты экспериментов по тушению пламени дизельного топлива на стендовой установке, взятые из литературного источника [1].

Воспользуемся типовым подходом к анализу материального баланса при тушении пламени ГЖ огнетушащими веществами [8, 11–15].

Степень покрытия горячей поверхности твердого горючего материала  $\theta$  представлена формулой

$$\theta = S/S_0, \quad (3)$$

где  $S$  — площадь поверхности, покрытая слоем “холодной” жидкости,  $\text{м}^2$ ;

$S_0$  — исходная площадь поверхности горения,  $\text{м}^2$ .

Условия тушения:  $\theta = 1$ ;  $\tau = \tau_T$  (где  $\tau$  — текущее время, с).

Уравнение материального баланса жидкости, поданной на тушение, имеет вид:

$$q \, d\tau = \theta S_0 U_p \, d\tau + \rho \bar{h} S_0 \, d\theta, \quad (4)$$

[поступление  
“холодной”  
жидкости]
[потери конвекцией и разности  
плотностей]
[накопление]

где  $q$  — расход “холодной” жидкости,  $\text{кг}/\text{с}$ ;

$U_{II}$  — удельная скорость потерь жидкости из холодного слоя, кг/(с·м<sup>2</sup>);

$\rho$  — средняя плотность нефтепродукта в интервале между температурой нефтепродукта “в слое” и температурой вспышки, кг/м<sup>3</sup>;

$\bar{h}$  — средняя толщина “холодного” слоя, м.

Разделив переменные в (4) и произведя интегрирование в пределах  $\theta = 0; \tau = 0; \theta = 1; \tau = \tau_T$ , получим:

$$\tau_T = -\frac{\rho \bar{h}}{U_{II}} \ln \left( 1 - \frac{S_0 U_{II}}{q} \right). \quad (5)$$

Обозначим  $q/S_0 = J$ . При  $SU_{II} = q$  возникает критическая ситуация, при которой  $\tau_T \rightarrow \infty$ , следовательно  $q/S_0 \equiv J_{кр}$  (где  $J_{кр}$  — критическая интенсивность, кг/(м<sup>2</sup>·с)). Формулу (5) представим в виде, удобном для анализа результатов экспериментов:

$$\tau_T = -\frac{\rho \bar{h}}{J_{кр}} \ln \left( 1 - \frac{J_{кр}}{J} \right). \quad (6)$$

Средняя толщина “холодного” слоя  $\bar{h}$  определяется полусуммой его минимальной толщины  $h_0$  и толщины слоя в месте появления “холодного” фронта жидкости  $h_q$ , причем  $h_q = \beta J^n$ :

$$\bar{h} = \frac{h_0 + h_q}{2} = \frac{h_0 + \beta J^n}{2}, \quad (7)$$

где  $\beta$  — коэффициент пропорциональности, имеющий размерность м·(кг/(м<sup>2</sup>·с))<sup>n</sup>.

Показатель степени  $n$  в формуле (7) зависит от соотношения расхода воздуха и количества увлекаемой вверх “холодной” жидкости. В работе Блинова – Худякова [1] эта зависимость отражена степенью, которая колеблется от 0,50 до 0,75. Конкретное значение этого параметра будет уточняться по результатам зависимости удельного расхода воздуха от интенсивности подачи “холодной” жидкости. Как и предыдущая константа ( $\bar{h}$ ), минимальная толщина “холодного” слоя жидкости будет уточняться в ходе сопоставления результатов расчета и эксперимента.

Принимая, что  $J = J_{кр}$  и  $\bar{h} = 2h_0$ , получим зависимость средней толщины слоя пены от интенсивности ее подачи:

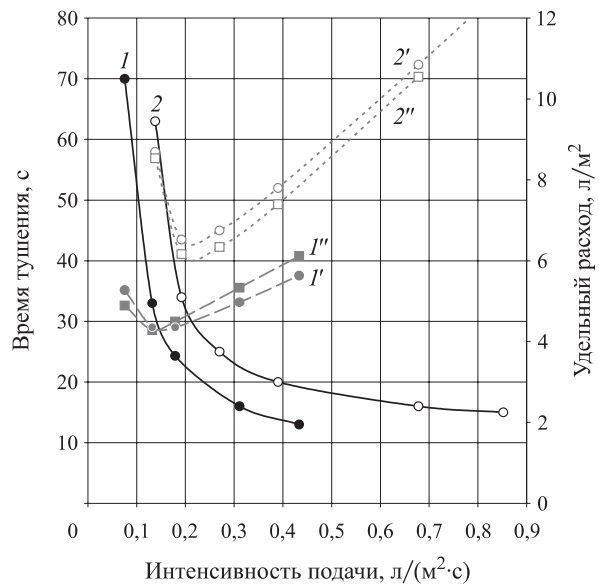
$$\bar{h} = h_0 [1 + (J/J_{кр})^n]. \quad (8)$$

Перепишем формулу (6) с учетом (8):

$$\tau_T = -\frac{\rho h_0}{J_{кр}} \left[ 1 + \left( \frac{J}{J_{кр}} \right)^n \right] \ln \left( 1 - \frac{J_{кр}}{J} \right). \quad (9)$$

Тогда для удельного расхода воздуха  $Q$  с учетом формулы (9) получим:

$$Q = -\frac{\rho h_0 J}{J_{кр}} \left[ 1 + \left( \frac{J}{J_{кр}} \right)^n \right] \ln \left( 1 - \frac{J_{кр}}{J} \right). \quad (10)$$



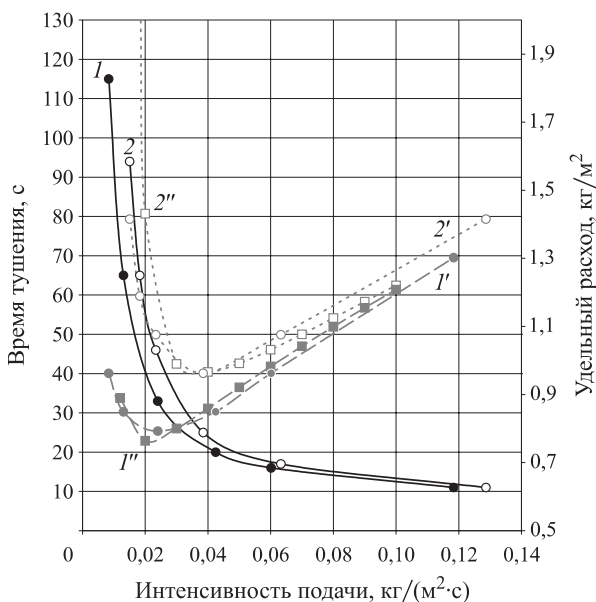
**Рис. 2.** Зависимость времени тушения дизельного топлива (1, 2) и удельного расхода воздуха (1', 1'', 2', 2'') при его подаче в основание резервуара при тушении на полигоне (1, 1', 1'') и на стендовой установке (2, 2', 2''): 1', 2' — эксперимент; 1'', 2'' — расчет (1, 1' — результаты, заимствованные из работ Блинова – Худякова)

Результаты экспериментальных измерений зависимости времени тушения от интенсивности подачи воздуха при тушении пламени дизельного топлива, полученные в полигонных условиях и на стендовой установке, представлены на рис. 2. На этом же рисунке показана зависимость удельного расхода воздуха, рассчитанного по формуле (10).

При сопоставлении результатов расчета с экспериментом была оценена толщина “холодного” слоя на поверхности дизельного топлива. Она составила 2 мм при стендовых испытаниях и 2,5 мм — при полигонных. Показатель степени изменялся в диапазоне от 0,60 до 0,66, соответственно изменялись и оптимальная интенсивность  $J_{опт}$ , и минимальный удельный расход  $Q_{мин}$ . Данная закономерность подтверждается данными, представленными на рис. 2 и в табл. 1, в которой для сравнения приведены основные параметры процесса тушения дизельного топлива с помощью пены.

**Таблица 1.** Основные параметры процесса тушения дизельного топлива подачей пены на горящую поверхность и в основание резервуара

Условия проведения эксперимента	Интенсивность подачи, л/(м <sup>2</sup> ·с)		Минимальный удельный расход, л/м <sup>2</sup>	$h_0$ , м	Показатель степени $n$
	$J_{кр}$	$J_{опт}$			
Стендовая установка	0,015	0,22	6,3	0,0020	0,66
Полигон	0,008	0,15	4,3	0,0026	0,60



**Рис. 3.** Зависимость времени тушения дизельного топлива (1, 2) пеной низкой кратности, полученной из пенообразователя “Light Water FS 201”, и ее удельного расхода (1', 1'', 2', 2'') при подаче под слой (1, 1', 1'') и сверху (2, 2', 2''): 1', 2' — эксперимент; 1'', 2'' — расчет

Для сравнения в табл. 2 и на рис. 3 представлены результаты тушения пламени дизельного топлива пеной низкой кратности из пенообразователя “Light Water FS 201”. Кроме того, на рис. 3 приведены зависимости, полученные расчетом по формуле (10).

Если принять, что поток воздуха увлекает только десятую часть расходуемого воздуха, то можно признать, что тушение пламени дизельного топлива струей воздуха по эффективности практически не отличается от тушения пеной, полученной из пленкообразующего пенообразователя.

Способ тушения пожаров нефтепродуктов с помощью воздуха не получил дальнейшего развития, поскольку на одном и том же предприятии используются жидкости как с высокой, так и с низкой тем-

**Таблица 2.** Основные параметры процесса тушения дизельного топлива подачей пены, полученной из пенообразователя “Light Water FS 201”, на горящую поверхность и в основание резервуара

Способ подачи пены	Интенсивность подачи, л/(м <sup>2</sup> ·с)		Минимальный удельный расход, кг/м <sup>2</sup>	h <sub>0</sub> , м	Показатель степени n
	J <sub>кр</sub>	J <sub>опт</sub>			
Сверху	0,010	0,04	0,92	0,030	0,66
Под слой	0,008	0,02	0,72	0,022	0,60

пературой вспышки. Тем не менее следует иметь в виду, что при горении резервуара с нефтепродуктом, имеющим высокую температуру вспышки, для предотвращения выброса и тушения пламени можно применять способ подачи воздуха в основание резервуара, например через линию подачи нефтепродукта.

**Выводы**

На основе экспериментальных исследований получена количественная взаимосвязь времени тушения и удельного расхода воздуха от интенсивности подачи воздушной струи в основание резервуара с горячей жидкостью, имеющей высокую температуру вспышки.

Разработана модель процесса тушения нефтепродуктов с высокой температурой вспышки, предусматривающая формирование на горячей поверхности тонкого слоя “холодной” жидкости, которая увлекается вверх восходящим потоком воздуха.

Определены минимальный удельный расход и оптимальная интенсивность подачи струи воздуха в основание резервуара при тушении пламени горящего дизельного топлива.

Минимальная толщина “холодного” слоя жидкости, обеспечивающая тушение пламени дизельного топлива в модельном резервуаре, составляет 2,0 мм, а в полигонных условиях — 2,5–3,0 мм.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Блинов В. И., Худяков Г. Н. Диффузионное горение жидкостей. — М. : АН СССР, 1961. — 208 с.
2. Сучков В. П., Безродный И. Ф., Вязниковцев А. В. Пожары резервуаров с нефтью и нефтепродуктами. — М. : ЦНИИТЭнефтехим, 1992. — 100 с.
3. Петров И. И., Реутт В. Ч. Тушение пламени горючих жидкостей. — М. : Изд. МКХ РСФСР, 1961. — 143 с.
4. Абдурагимов И. М., Говоров В. И., Макаров Е. В. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. — М. : ВИПТШ МВД РФ, 1988. — 255 с.
5. Шароварников А. Ф., Молчанов В. П., Воевода С. С., Шароварников С. А. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. — М. : Изд. дом “Калан”, 2002. — 448 с.
6. Абдурагимов И. М., Андросов А. С., Исаева Л. К., Крылов Е. В. Процессы горения. — М. : ВИПТШ МВД РФ, 1984. — 383 с.
7. Корольченко Д. А., Громовой В. Ю., Ворогушин О. О. Применение тонкораспыленной воды для тушения пожаров в высотных зданиях // Вестник МГСУ. — 2011. — № 1-2. — С. 331–335.



8. Молчанов В. П., Шароварников А. Ф., Воевода С. С., Шароварников С. А., Крымов А. М. Закономерности тушения нефтепродуктов в условиях интенсивного движения жидкости при подаче пены в слой горючего // Научно-техническое обеспечение деятельности государственной пожарной службы : сб. науч. тр. — М. : ВНИИПО, 1996. — С. 129–137.
9. Ammon D. C., Cochran S. R. Underground storage tank corrective action technologies // International Oil Spill Conference Proceedings. — April 1987. — No. 1. — P. 611–616. DOI: 10.7901/2169-3358-1987-1-611.
10. Корольченко А. Я., Шароварников С. А. Тушение смесевых топлив фторсодержащими пенообразователями // Транспорт и хранение нефтепродуктов. — 1996. — № 8-9. — С. 14–17.
11. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф., Дегаев Е. Н. Лабораторная методика определения изолирующих свойств пены на поверхности гептана // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 4. — С. 72–76.
12. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Универсальность механизмов тушения пламени различными огнетушащими веществами // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 11. — С. 84–88.
13. Sharovarnikov A. F., Korolchenko D. A. Fighting fires of carbon dioxide in the closed buildings // Applied Mechanics and Materials. — 2013. — Vol. 475-476. — P. 1344–1350. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amm.475-476.1344.
14. Шароварников С. А., Корольченко Д. А., Ляпин А. В. Тушение многокомпонентных смесевых топлив фторсинтетическими пенообразователями подслоиным способом // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 6. — С. 76–80.
15. Корольченко А. Я., Шароварников С. А. Проблемы тушения смесевых топлив подачей пены под слой горючего // Научно-техническое обеспечение деятельности государственной пожарной службы : сб. науч. тр. — М. : ВНИИПО, 1996. — С. 152–158.

*Материал поступил в редакцию 26 сентября 2015 г.*

**Для цитирования:** Корольченко Д. А. Тушение пламени горючих жидкостей с высокой температурой вспышки методом перемешивания слоев с помощью воздуха и пеной низкой кратности (подслоиным способом) // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 1. — С. 61–67. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.01.61-67.

English

## **SUPPRESSION OF A FLAME OF COMBUSTIBLE LIQUIDS WITH HIGH FLASHPOINT BY THE METHOD OF AGITATING OF LAYERS USING AIR AND LOW EXPANSION FOAM (SUBLAYER METHOD)**

**KOROLCHENKO D. A.**, Candidate of Technical Sciences, Head of Department of Complex Safety in Construction, Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail address: ICA\_kbs@mgsu.ru)

### **ABSTRACT**

The method of agitating, used for suppression of diesel fuel, was actively developed in the 60-ies of the XX century and generalized in works of Blinov – Khudyakov. There was described suppression of oil fires by supplying of air stream into the bottom of tank. The air is not a fire extinguishing substance, but in this specific case it helps to achieve the burn termination effect. Suppression is provided not with air but due to agitating of cold layers of an oil product with the burning surface layer, actually it is a question of the method of suppression by means of air which creates conditions for agitation. On the basis of experimental researches it was determined the quantitative correlation of suppression time and air specific consumption from supply intensity of the air stream coming into the bottom of tank contained the burning liquid with high flash point. The model of process of combustible liquid flame suppression using the method of agitating of “cold” layers by air stream supplying into the bottom of tank with burning diesel fuel is considered. The suppression process analysis based on consideration

of the material balance of liquid coming into the surface layer and going down into the depth due to convective streams which are formed by rising air flow and due to the difference in densities of “cold” and burning liquid is carried out. The results of experimental measurements of dependence of suppression time on intensity of air supply during diesel fuel flame suppression obtained in terms of proving ground and test bench are presented. Comparison of the fire test results obtained during suppression of diesel fuel flame in model test bench and, earlier received, in terms of proving ground is carried out. It is shown that the process of suppression is connected with formation of a thin liquid layer, from 1.5 to 3 mm, which appear on the surface of a burning hydrocarbon and have a temperature lower or equal to temperature of flash point, which are coming up to the surface with rising burning layer. Comparison of calculation results and experimental data on suppression of a diesel fuel flame in terms of proving ground and on the test bench is carried out. On the basis of conducted researches there were determined the optimal values of intensity and the minimal values of air specific consumption supplying into the bottom of tank for suppression of a diesel fuel flame.

**Keywords:** suppression of flammable liquids; suppression by sublayer method; burning of the tank; model of suppression process using stream of air; low expansion foam.

## REFERENCES

1. Blinov V. I., Khudyakov G. N. *Diffuzionnoye gorennyye zhidkostey* [Diffusion burning of liquids]. Moscow, Russian Academy of Sciences Publ., 1961. 208 p.
2. Suchkov V. P., Bezrodnyy I. F., Vyaznikovtsev A. V. *Pozhary rezervuarov s neftyu i nefteproduktami* [Fires in tanks with oil and oil products]. Moscow, TsNIITeneftkhim Publ., 1992. 100 p.
3. Petrov I. I., Reutt V. Ch. *Tusheniye plameni goryuchikh zhidkostey* [Suppression of combustible liquids flame]. Moscow, Ministry of Utilities Sector Publ., 1961. 143 p.
4. Abduragimov I. M., Govorov V. I., Makarov Ye. V. *Fiziko-khimicheskiye osnovy razvitiya i tusheniya pozharov* [Physico-chemical basis of development and extinguishing of fires]. Moscow, High Engineering Fire Technical School of Ministry of the Interior of Russia, 1988. 255 p.
5. Sharovarnikov A. F., Molchanov V. P., Voevoda S. S., Sharovarnikov S. A. *Tusheniye pozharov nefti i nefteproduktov* [Fire extinguishing of oil and oil products]. Moscow, Kalan Publ., 2002. 448 p.
6. Abduragimov I. M., Androsov A. S., Isaeva L. K., Krylov E. V. *Protsessy goreniya* [Combustion processes]. Moscow, High Engineering Fire Technical School of Ministry of the Interior of Russia Publ., 1984. 383 p.
7. Korolchenko D. A., Gromovoy V. Yu., Vorogushin O. O. *Primeneniye tonkoraspylennoy vody dlya tusheniya pozharov v vysotnykh zdaniyakh* [Fire extinguishing in tall buildings by using water mist systems]. *Vestnik MGSU — Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering*, 2011, no. 1-2, pp. 331–335.
8. Molchanov V. P., Sharovarnikov A. F., Voevoda S. S., Sharovarnikov S. A., Krymov A. M. *Zakonmernosti tusheniya nefteproduktov v usloviyakh intensivnogo dvizheniya zhidkosti pri podache peny v sloy goryuchego* [Regularities of extinguishing of oil products in conditions of intensive movement of liquid during supplying of foam into the fuel layer]. *Nauchno-tekhnicheskoye obespecheniye deyatel'nosti gosudarstvennoy pozharoy sluzhby: sb. nauch. tr.* [Scientific and technical ensuring of the state fire service activity. Collected scientific papers]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 1996, pp. 129–137.
9. Ammon D. C., Cochran S. R. *Underground storage tank corrective action technologies*. *International Oil Spill Conference Proceedings*, April 1987, no. 1, pp. 611–616. DOI: 10.7901/2169-3358-1987-1-611.
10. Korolchenko A. Ya., Sharovarnikov S. A. *Tusheniye smesevykh topliv ftorsoderzhashchimi penoobrazovatelyami* [Extinguishing of mixed fuels by fluorine-containing foaming agents]. *Transport i khraneniye nefteproduktov — Transport and Storage of Oil*, 1996, no. 8-9, pp. 14–17.
11. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F., Degaev Ye. N. *Laboratornaya metodika opredeleniya izoliruyushchikh svoystv peny na poverkhnosti geptana* [Laboratory standard technique for insulating properties of foam on heptane surface]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 4, pp. 72–76.
12. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. *Universalnost mekhanizmov tusheniya plameni razlichnymi ognetushashchimi veshchestvami* [Universality of mechanisms of fire suppression by various extinguishing agents]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 11, pp. 84–88.

13. Sharovarnikov A. F., Korolchenko D. A. Fighting fires of carbon dioxide in the closed buildings. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, vol. 475-476, pp. 1344–1350. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amm.475-476.1344.
14. Sharovarnikov S. A., Korolchenko D. A., Lyapin A. V. Tusheniye mnogokomponentnykh smesevykh topliv ftorsinteticheskimi penoobrazovatelyami podsloynym sposobom [Extinguishing of the multi-component composite fuels by aqueous film forming foam by sublayer way]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 6, pp. 76–80.
15. Korolchenko A. Ya., Sharovarnikov S. A. Problemy tusheniya smesevykh topliv podachey peny pod sloy goryuchego [Problems of extinguishing of mixed fuels by foam supplying under the layer of fuel]. *Nauchno-tekhnicheskoye obespecheniye deyatel'nosti gosudarstvennoy pozharnoy sluzhby: sb. nauch. tr.* [Scientific and technical ensuring of the state fire service activity. Collected scientific papers]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 1996, pp. 152–158.

**For citation:** Korolchenko D. A. Tusheniye plameni goryuchikh zhidkostey s vysokoy temperaturoy vspyshki metodom peremeshvaniya sloyev s pomoshchyu vozdukhа i peny nizmoy kratnosti (podsloynym sposobom) [Suppression of a flame of combustible liquids with high flashpoint by the method of agitating of layers using air and low expansion foam (sublayer method)]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 1, pp. 61–67. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.01.61-67.



## Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

Д. Г. Пронин, Д. А. Корольченко

### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ПОЖАРНЫХ ОТСЕКОВ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ : монография.

— М. : Издательство "ПОЖНАУКА", 2014. — 104 с. : ил.



Изложены современные подходы к нормированию площадей пожарных отсеков и раскрыты требования к ним. Предложен метод научно-технического обоснования размеров пожарных отсеков с учетом вероятностного подхода на основе расчета пожарного риска. Рассмотрены возможности расчета вероятностных показателей, используемых в разработанном методе. Представлены основные достижения в данном направлении отечественной и зарубежной науки; приведены сведения о положительных и отрицательных сторонах действующей системы технического регулирования.

Монография ориентирована на научных и инженерных работников, занимающихся вопросами проектирования противопожарной защиты зданий и сооружений, а также на научных и практических работников пожарной охраны, преподавателей и слушателей учебных заведений строительного и пожарно-технического профиля, специалистов страховых компаний, занимающихся вопросами оценки пожарного риска.

Монография рекомендуется к использованию при выполнении научно-исследовательских и нормативно-технических работ по оптимизации объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, в том числе тех, на которые отсутствуют нормы проектирования, а также при проведении оценки страхования пожарных рисков.

Разработанный метод расчета может быть положен в основу технических регламентов и сводов правил в области строительства и пожарной безопасности.

121352, г. Москва, а/я 43; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: info@fire-smi.ru