

И. А. Лобаев¹, М. М. Казиев¹, А. А. Волошенко¹, В. И. Безбородов²
(¹Академия ГПС МЧС России, ²ВНИИПО МЧС России; e-mail: volax84@mail.ru)

НАТУРНЫЙ ОГНЕВОЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОЦЕНКЕ ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА

Представлены результаты натурального огневого испытания по определению способности материала к воспламенению при воздействии лучистого теплового потока, поступающего через оконный проём помещения очага пожара. Статья содержит экспериментальные данные по воспламеняемости материалов при воздействии падающих на поверхность тепловых потоков, а также приведён сравнительный анализ значений плотности тепловых потоков, полученных в условиях натуральных испытаний и с использованием расчётного метода, подтверждающие способность облучаемого материала воспламеняться.

Ключевые слова: натуральный огневой эксперимент (испытание), требования пожарной безопасности, пожарная опасность, воспламенение.

Ведение

При установлении нормативных значений противопожарных расстояний (разрывов) предлагается большое разнообразие мер пожарной безопасности, направленных на защиту от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий их воздействия. К таким мероприятиям (требованиям) относятся конструктивные, объёмно-планировочные и инженерно-технические решения с применением систем автоматического управления пожаротушением (АУПТ)¹.

Однако, нормированные расстояния между зданиями, направленные на предотвращение распространения пожара, не подтверждаются расчётами тепловых потоков, оказывающих влияние на нормативно-установленные расстояния.

При этом требования к противопожарным расстояниям с учётом степени огнестойкости, конструктивной пожарной опасности зданий, систем противопожарной защиты не учитывают такой показатель пожарной опасности, как способность материалов воспламеняться при воздействии тепловых потоков^{2,3}, что в свою очередь используется при проведении расчётов по определению значений плотности тепловых потоков от излучающей поверхности.

Таким образом, расчётные значения безопасных расстояний, полученные с учётом показателя воспламеняемости материалов, позволяют оценить соответствие выбора системы противопожарной защиты, направленной на предотвращение распространения пожара между объектами защиты, в виде нормативного противопожарного расстояния, риску причинения вреда от воздействия теплового потока [3-7].

¹ Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности";

² ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость;

³ ГОСТ Р 53264-2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний

Цель и задачи испытаний

Целью проведённых авторами испытаний являлся сравнительный анализ значений плотности теплового потока, полученных по результатам натурных испытаний и расчётными методами.

Для достижения поставленной цели было необходимо решение следующих задач:

- создание условий, имитирующих реальный пожар в здании;
- получение экспериментальных данных по воспламенению материалов от воздействия теплового потока, поступающего через оконный проём в условиях реального пожара;
- измерение и регистрация значений плотности теплового потока на различных расстояниях от излучающей поверхности (площади оконного проёма);
- проведение сравнительного анализа значений плотности теплового потока, полученных:
 - а) при натурном огневом испытании;
 - б) расчётным способом⁴.

Методика проведения эксперимента, измерений и расчёта значений плотности теплового потока

Натурный огневой эксперимент проводился на базе Оренбургского филиала ВНИИПО МЧС России на Испытательном учебно-тренировочном полигоне МЧС России⁵.

Для проведения эксперимента использовался макет многоэтажного здания (в натуральную величину) с помещением очага пожара, расположенном на первом этаже. Наружная стена здания выполнена на базе алюминиевой, стоечно-ригельной системы фасадного остекления с оконными проёмами суммарной шириной 1,6×3 м (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид объекта испытаний

⁴ ГОСТ 12.1.004-91*. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования;

⁵ <http://ofvniipo.ru/poligon/>

Программа эксперимента включала в себя:

1. Подготовка к эксперименту

Для обеспечения температурного режима, имитирующего реальный пожар, в помещение, имеющее площадь 33 м^2 , была помещена горючая нагрузка, плотность размещения которой составляла 50 кг/м^2 . В качестве горючей нагрузки использовалась древесина хвойных пород влажностью от 10 до 12 %.

Для обеспечения регистрации параметров теплового воздействия на пожароопасные строительные материалы (облучаемая поверхность) была выполнена расстановка термоэлектрических преобразователей (датчиков измерения теплового потока) на испытуемых образцах. Для измерения значений плотности тепловых потоков применялись приёмники тепловых потоков ТП 2000 (4 шт.). Датчики тепловых потоков были установлены в плоскости, где ожидался наибольший тепловой поток (место выхода пламени из оконного проёма (излучающая поверхность) – верхний край окна). Значения высоты (a) и ширины (b) проёма составляли $1,6 \text{ м}$ и $3,0 \text{ м}$ соответственно. Датчики были установлены на расстояниях 1 и 2 м от плоскости фасада здания. Рядом с датчиками была закреплена облучаемая поверхность – древесина (сосна), резина. Высота (h) размещения датчиков составляла 2 м от уровня земли.

Общая схема расположения измерительного оборудования и фасада здания при натурном огневом эксперименте по определению способности к воспламенению облучаемого материала от воздействия лучистого теплового потока пламени пожара, исходящего через излучающие строительные конструкции здания (оконный проём), представлена на рис. 2.

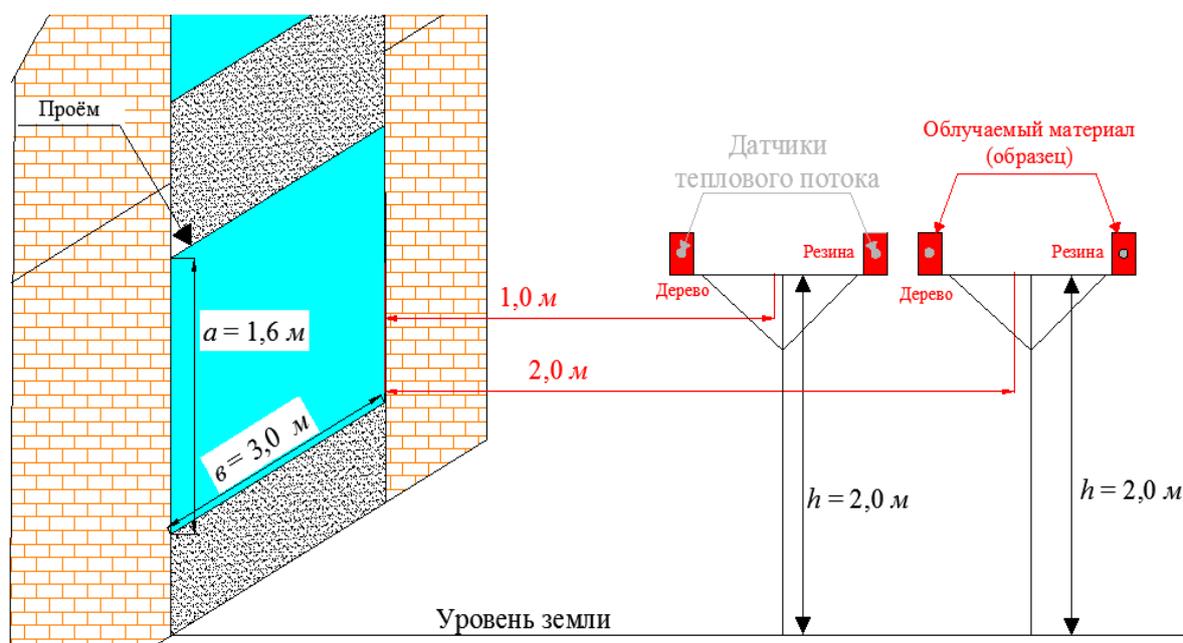


Рис. 2. Схема расстановки оборудования для проведения натурного огневого эксперимента

2. Проведение эксперимента

При проведении натурного эксперимента:

- одновременно с розжигом горючей нагрузки проводилась запись показателей контрольной и измерительной аппаратуры;
- на поверхности испытуемых образцов фиксировались значения плотности теплового потока;
- проводилась фиксация времени воспламенения образцов от воздействия теплового потока.

В ходе проведения натурного огневого эксперимента реализованы условия, имитирующие параметры реального, максимально развитого пожара. При разрушении оконного проёма пламя пожара выходило на фасад здания, поднимаясь вертикально вверх, высота пламени составляла от 3 до 5 м.

Обработка результатов эксперимента по определению фактической воспламеняемости облучаемой поверхности от воздействия теплового потока пламени пожара, исходящего через излучающую поверхность оконного проёма, представлена в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментальные значения плотности теплового потока на облучаемой поверхности с учётом времени его воздействия

Параметры проёма, $b \times a$, м·м	Вид материала	Фактическое расположение облучаемого материала, м	Экспериментальное значение плотности теплового потока на облучаемой поверхности, $кВт/м^2$	Воспламенение облучаемого материала от начала воздействия теплового потока, мин
3,0×1,6	Древесина (сосна)	1	24,91	0,92
		2	14,73	6,23
3,0×1,6	Резина	1	25,13	1,17
		2	16,82	6,28

В табл. 2 представлен сравнительный анализ табличных значений плотности тепловых потоков, представленных в Приложении 3 ГОСТ 12.1.004-91* и экспериментальных значений, полученных при проведении натурного огневого эксперимента.

Проведённый сравнительный анализ (табл. 2) подтверждает способность облучаемого материала к воспламенению от воздействия теплового потока.

3. Проведение расчётов

Для проведения сравнительного анализа значений плотности теплового потока, полученных натурными испытаниями и расчётным методом, необходимо проведение численных расчётов значений плотности теплового потока по методике, представленной в ГОСТ 12.1.004-91* и [1, 2].

Таблица 2

Сравнительный анализ экспериментальных и табличных значений плотности теплового потока на облучаемой поверхности (ГОСТ 12.1.004-91*) с учётом времени его воздействия и её воспламенения

Вид облучаемой поверхности	Табличное время воспламенения / значение плотности теплового потока, мин / кВт/м ²	Экспериментальное время воспламенения / значение плотности теплового потока, мин / кВт/м ²
Древесина (сосна)	3 / 18,8	0,92 / 24,91
	5 / 16,9	
	15 / 13,9	
	3 / 18,8	
	5 / 16,9	
	15 / 13,9	
Резина	3 / 22,6	1,17 / 25,13
	5 / 19,2	
	15 / 14,8	
	3 / 22,6	
	5 / 19,2	
	15 / 14,8	

Расчётное количество тепла, передаваемое при пожаре, выражается уравнением лучистого теплообмена между телами, разделёнными прозрачной средой, описывается формулой:

$$q_{кр} = \varepsilon_{пр} C_0 \left[\left(\frac{T_{и}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{доп}}{100} \right)^4 \right] \Phi_{1-2},$$

где $T_{и}$ – температура излучающей поверхности, К;

$T_{доп}$ – допустимая температура на облучаемой поверхности, К;

$\varepsilon_{пр}$ – приведённая степень черноты системы;

C_0 – коэффициент излучения абсолютно чёрного тела, равный 5,7 Вт/(м² К⁴);

Φ_{1-2} – коэффициент облучённости между излучающей и облучаемой поверхностями, в который в неявной форме входит искомое безопасное расстояние r .

Приведённая степень черноты системы определялась по уравнению:

$$\varepsilon_{пр} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_{и}} + \frac{1}{\varepsilon_{обл}} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0,7} + \frac{1}{0,9} - 1} = 0,649,$$

где $\varepsilon_{и}$ – степень черноты излучающей поверхности; при горении древесины и изделий из неё принимается равной 0,7;

$\varepsilon_{обл}$ – степень черноты облучаемой поверхности – 0,9.

При оценке воздействия расчётных значений плотности теплового потока пожара, коэффициент облучённости для одной четвертой части площади поверхности определялся по формуле:

$$\varphi_{21} = \frac{1}{2\pi} \cdot \left(\frac{a}{\sqrt{a^2+r^2}} \cdot \operatorname{arctg} \frac{b}{\sqrt{a^2+r^2}} + \frac{b}{\sqrt{b^2+r^2}} \cdot \operatorname{arctg} \frac{a}{\sqrt{b^2+r^2}} \right),$$

где a – высота излучаемой поверхности, м;

b – половина ширины излучаемой поверхности, м;

r – расстояние между геометрическим центром излучающей поверхности, приведённой к форме прямоугольника, и облучаемой стораемой поверхности, м.

Таким образом, коэффициент облученности будет равен:

$$\varphi_{1-2} = 4 \cdot \varphi_{21}.$$

Условия применения расчётного метода при оценке угрозы распространения пожара за счёт воспламенения облучаемой поверхности от воздействия теплового потока рассматривался в системе "здание, помещение – значение плотности теплового потока".

В табл. 3 представлен сравнительный анализ экспериментальных и расчётных значений плотности теплового потока на облучаемой поверхности.

Таблица 3

Сравнительный анализ экспериментальных и расчётных значений плотности теплового потока на облучаемой поверхности

Вид облучаемой поверхности	Фактическое расположение облучаемого материала, м	Параметры проёма, $b \times a$, м.м	Расчётное значение плотности теплового потока, $кВт/м^2$	Экспериментальное значение плотности теплового потока, $кВт/м^2$
Древесина (сосна)	1	3,0×1,6	67,29	24,91
	2	3,0×1,6	38,56	14,73
Резина	1	3,0×1,6	68,46	25,13
	2	3,0×1,6	39,24	16,82

Проведённый сравнительный анализ (табл. 3) расчётных и экспериментальных значений плотности теплового потока на облучаемом материале подтверждает способность к их воспламенению, что подтверждает достоверность расчётного метода, используемого для оценки безопасного противопожарного расстояния по условию воспламеняемости облучаемого материала.

Оценка результатов и вывод

1. Установлены значения плотности тепловых потоков, излучаемых поверхностью оконного проёма размером 1,6×3 м на развитой стадии пожара, характерного для жилых зданий;

2. Определены критические значения падающих тепловых потоков для воспламенения материалов (древесина и резина) на расстоянии 1 и 2 м от окна помещения очага пожара;

3. Подтверждена способность облучаемого материала к воспламенению от значений плотности тепловых потоков, полученных с использованием расчётного метода (табл. 3).

Использование расчётного метода численных значений теплового потока позволяет подтвердить распространение пожара между зданиями, сооружениями для последующего выбора безопасного противопожарного расстояния.

Литература

1. Кошмаров Ю. А., Башкирцев М. П. Термодинамика и теплопередача в пожарном деле: учебник. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1987. 444 с.

2. Ройтман М. Я. Противопожарное нормирование в строительстве. М.: Стройиздат, 1985. 590 с.

3. Козлачков В. И., Лобаев И. А., Волошенко А. А. Проблема оценки пожарных рисков при применении требований пожарной безопасности по ограничению распространения пожара // Технологии техносферной безопасности. Вып. 2 (66). 2016. С. 79-81. <http://academygps.ru/ttb>.

4. Козлачков В. И., Ягодка Е. А., Волошенко А. А. Оценка пожарных разрывов с учётом воздействия теплового потока на имущество // Технологии техносферной безопасности. Вып. 3 (67). 2016. С. 40-44. <http://academygps.ru/ttb>.

5. Козлачков В. И., Волошенко А. А. Оперативная оценка угрозы личному составу пожарно-спасательных подразделений от теплового потока при тушении пожара // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение и ликвидация. 2017. № 4. С. 50-55.

6. Волошенко А. А. Экспресс-оценка теплового потока для определения безопасных зон работы пожарных подразделений // Технологии техносферной безопасности. 2017. Вып. 4 (74). С. 66-72. <http://academygps.ru/ttb>.

7. Гоман П. Н., Соболевская Е. С. Разработка программы расчёта интенсивности теплового излучения при пожаре // Технологии техносферной безопасности. 2016. Вып. 1 (65). 250-257 с. <http://academygps.ru/ttb>.

Материал поступил в редакцию 10 апреля 2019 г.

Для цитирования: Лобаев И. А., Казиев М. М., Волошенко А. А., Безбородов В. И. Натурный огневой эксперимент по оценке воспламеняемости материалов при воздействии теплового потока // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 4 (86). – 2019. – С. 37-44. DOI: 10.25257/TTS.2019.4.86.37-44.

I. A. Lobaev, M. M. Kaziev, A. A. Voloshenko, V. I. Bezborodov
**FULL-SCALE FIRE EXPERIMENT TO ASSESS THE FLAMMABILITY
OF MATERIALS WHEN EXPOSED TO A HEAT FLUX**

The main functions of the fire safety system is the development of fire safety standards, based on scientific research. In establishing the normative values of fire distances, fire safety measures are proposed. Such activities (requirements) include structural, space-planning and engineering solutions. In this case, the requirements for fire distances do not take into account such an indicator of fire danger as the flammability of the material from the effects of heat flows, which in turn are used in calculations to determine the values of heat flows from the emitting surface. The article presents the results of a full-scale fire test to determine the ability of the material to ignite under the influence of radiant heat flux coming through the window opening of the room of the source of fire. It also contains experimental data on the flammability of materials under the influence of falling heat fluxes on the surface, as well as a comparative analysis of the values of heat fluxes obtained under full-scale tests and using the calculation method, confirming the ability of the irradiated material to ignite.

Key words: full-scale fire experiment (test), fire safety requirements, fire hazard, ignition.

References

1. Koshmarov Y. A., Bashkircev M. P. *Termodinamika i teploperedacha v pozharnom dele: uchebnik* [Thermodynamics and heat transfer in the fire fighting: a textbook]. Moscow, Higher engineering fire-technical school of Internal Affairs of Russia Publ., 1987, 444 p.
2. Roytman M. Y. *Protivopozharnoe normirovanie v stroitel'stve* [Fire regulation in construction], Moscow, Stroizdat Publ., 1985, 590 p.
3. Kozlachkov V. I., Lobaev I. A., Voloshenko A. A. The problem of fire risk assessment in applying the fire safety requirements to limit the spread of fire. *Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 2 (66), 2016, pp. 79-81. Available at: <http://academygps.ru/ttb> (in Russian).
4. Kozlachkov V. I., Yagodka E. A., Voloshenko A. A. Assessment of fire breaks taking into account the impact of heat flow on the property. *Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 3 (67), 2016, pp. 40-44. Available at: <http://academygps.ru/ttb> (in Russian).
5. Kozlachkov V. I., Voloshenko A. A. Operational evaluation of heat flux threats to personnel of fire and rescue units when extinguishing a fire. *Pozhary i chrezvychainye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiia / Fire and emergencies: prevention, elimination*. 2017, no. 4, pp. 50-55 (in Russian).
6. Voloshenko A. A. Express-evaluation of heat flow to determine the safe work zones for fire departments *Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 4 (74), 2016, pp. 66-72. Available at: <http://academygps.ru/ttb> (in Russian).
7. Goman P. N., Sobolevskaya E. S. Program for calculation of intensity of thermal radiation in case of fire. *Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 1 (65), 2016, pp. 250-257. Available at: <http://academygps.ru/ttb> (in Russian).

For citation: Lobaev I. A., Kaziev M. M., Voloshenko A. A., Bezborodov V. I. Full-scale fire experiment to assess the flammability of materials when exposed to a heat flux. *Tehnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 4 (86), 2019, pp. 37-44 (in Russian). DOI: 10.25257/TTS.2019.4.86.37-44.