

УДК 614.84

doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2021.42.52.004

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОПОЧНЫХ ГАЗОВ НЕТЕПЛОЕМКИХ ПЕЧЕЙ НА ДЫМОХОДЫ ИЗ АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ТРУБ

Абдулаев Р.Р.; Таратанов Н.А., канд. хим. наук; Карасев Е.В.

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация. Достоверное установление комплекса фактических данных о механизме возникновения и развития горения является необходимым отправным моментом для квалификации преступления и установления виновных лиц. Должностное лицо судебно-экспертного учреждения (СЭУ ФПС ИПЛ) при отработке различных версий пожара не должен рассматривать версию возникновения пожара от нагрева, голословно, опираясь только на свой многолетний опыт и теоретическую возможность происходящего. В данном случае сотрудник или работник СЭУ ФПС ИПЛ обязан должен базироваться на более фундаментальных методах и приемах установления причины возникновения с последующим развитием и распространением пожара. В данной статье рассматривается возможность применения математических методов расчета в целях судебной пожарно-технической экспертизы на примере конкретного пожара, произошедшего в части жилого дома.

Ключевые слова: температура воспламенения, температура самовоспламенения, асбестоцемент, дымоход, математические методы расчета, пожарно-техническая экспертиза.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FLUE GASES OF NON-HEAT-INTENSIVE FURNACES ON CHIMNEYS MADE OF ASBESTOS CEMENT PIPES

Abdulaev R.R.; Taratanov N.A., Ph.D. of Chemical Sciences; Karasev E.V.

Ivanovo Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia

Abstract. Reliable establishment of a set of factual data on the mechanism of the occurrence and development of gorenje is a necessary starting point for the qualification of the crime and the identification of the perpetrators. An official of a Forensic Expert Institution of the Federal Fire Service "Test Fire Laboratory" of the EMERCOM of Russia (FEI FFS TFL), when working out various versions of a fire, should not consider the version of the occurrence of a fire from heating, unfounded, relying only on his many years of experience and the theoretical possibility of what is happening. In this case, an employee or employee of the FEI FFS TFL must be based on more fundamental methods and techniques for determining the cause of the occurrence with the subsequent development and spread of the fire. This article discusses the possibility of using mathematical calculation methods for the purposes of forensic fire and technical expertise on the example of a specific fire that occurred in a part of a residential building.

Keywords: ignition temperature, auto-ignition temperature, asbestos cement, chimney, mathematical calculation methods, fire and technical expertise.

Для преступлений, сопряженных с пожарами, характерно видоизменение или даже полное уничтожение следов и других вещественных доказательств при высокотемпературном воздействии пламени и продуктов горения. При этом материальные объекты - потенциальные носители информации об обстоятельствах происшествия - могут выгорать, пиролизироваться, деформироваться, изменять свои размеры, свойства и рабочие характеристики [1].

Установление обстоятельств возникновения и развития горения является необходимым отправным моментом для квалификации преступления и установления виновных лиц. Сотрудник или работник судебно-экспертного учреждения федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» (СЭУ ФПС ИПЛ) при исследовании пожара не может выдвигать версию о возникновении пожара от нагрева, голословно, основываясь лишь на своем опыте и теоретической возможности происходящего. Эксперту необходимо опираться на более фундаментальные методы и приемы установления причины возникновения, развития, распространения пожара. Отображенных в специальной научной литературе, справочниках, ГОСТах [1].

В первую очередь важно отметить, что возможность возникновения пожара по определенной причине и даже факт возникновения пожара еще не означают, что пожар произошел именно по этой причине [1-3]. Возможность нельзя смешивать с действительностью! Согласно разъяснениям специальной литературы, суд может прибегнуть к помощи специалиста в соответствующей области знаний [1,4].

В настоящей работе показана возможность проведения расчетов количественных характеристик процессов возникновения и развития пожаров, а также пути использования получаемых результатов для решения типовых задач пожарно-технической экспертизы.

Объектом исследования явился пожар, произошедший в пристройке к жилому дому, где располагалось банное помещение, в котором располагалась металлическая печь заводского изготовления. В дымоход данной печи вставлена асбестовая труба диаметром 500 мм, которая проходила через потолочные перекрытия на чердак, а затем через кровлю на улицу (рис. 1 и 2).



Рис. 1. Состояние дымохода нетеплоемкой печи дома (до пожара)

Дымоходная труба была обложена огнеупорным кирпичом в 5 рядов на высоту 0,92 метра.



Рис. 2. Вид асбестоцементной дымоходной трубы над помещением бани сверху (после пожара)

Асбестоцементные и хризотилцементные¹ трубы используют в качестве дымоходов.

В соответствии с п. 5.11. СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности»: «Допускается применять дымовые каналы из хризотилоцементных (асбестоцементных) труб или сборных изделий из нержавеющей стали заводской готовности (двухслойных стальных труб с тепловой изоляцией из негорючего материала). **При этом температура уходящих газов не должна превышать 300°C для асбестоцементных труб и 400°C для труб из нержавеющей стали.**».

В СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» установлено:

- п. 6.6.13 Допускается применять дымоходы из асбестоцементных труб или сборных изделий из нержавеющей стали заводской готовности (двухслойных стальных труб с тепловой изоляцией из негорючего материала). **При этом температура уходящих газов не должна превышать 300 °С для асбестоцементных труб и 500 °С для труб из нержавеющей стали.** Применение асбестоцементных дымоходов, а также из нержавеющей стали для печей на угле не допускается.

- п. 6.6.15 Дымовые трубы для печей на дровах и торфе на зданиях с кровлями из горючих материалов следует предусматривать с искроуловителями из металлической сетки с отверстиями размером не более 5×5 мм.

Экспертная версия возникновения пожара - возгорание деревянной обрешетки или иных материалов, находящихся вблизи дымохода от воздействия тепла, выделявшееся конструкциями дымохода нетеплоемкой печи.

Предметом данного исследования являются закономерности процесса нагрева веществ и материалов до возгорания в жилом доме.

¹Хризотилцементные трубы изготавливают из смеси цемента со специальными добавками и хризолита – близкого родственника асбеста. Асбест – природные волокна, армирующие цементную трубу. Существенный недостаток изделий – образующаяся пыль, которая попадает в легкие человека, почти не выводится организмом и провоцирует заболевания. Решение проблемы – использование респираторов при производстве и монтаже. При эксплуатации трубы полностью безопасны [<http://www.hugebuilding.ru/hrizotilcementnye-ili-asbestocementnye-truby.html>].

Перед авторами стояла цель проверить, возможно ли достижение температуры нагрева асбестоцементной трубы, от продуктов горения из нетеплоемкой печи, до такой степени, что в последующем могло стать причиной пожара.

Температура воспламенения большинства сортов древесины находится в пределах 240-260 °С. Температура же, при которой могут начаться процессы, способные привести к тлеющему горению при достаточной длительности теплового воздействия, могут быть в пределах 120 °С. В древесине возможны два режима горения (пламенное и беспламенное) [5,6].

Из специальных источников [5,7] известно, что древесина, испытывавшая длительный низкотемпературный нагрев, также может перейти в пирофорное состояние. Например, сосновая древесина в обычном состоянии имеет температуру воспламенения 255 °С, температуру самовоспламенения 399 °С, температуру тления 295 °С. Исходя из этих данных температура, по крайней мере, до 200 °С безопасна для древесины. Однако, во многих справочниках относительно древесины указывается, что ее следует «предохранять от действия источника нагрева выше 80 °С». Дело в том, что древесина способна переходить при длительном нагреве в пирофорное состояние, при котором она способна загореться даже при температуре ниже 100 °С. К самовозгоранию может привести, например, длительный нагрев при температуре 90-100 °С [7].

Так в работе [8] отмечается, что сухие деревянные элементы – стропила, опалубка, обрешетка – тоже могут загореться от искр, попадающих на конструкции в потоке горячих топочных газов. Пожарная опасность дымохода резко возрастает с загоранием сажи. В зависимости от вида сажи, ее количества и условий горения, температура в таких случаях в дымоходе достигает нескольких сот и даже тысячи градусов [8]. Горение иногда сопровождается образованием сильного пламени, обильным выделением искр [9].

В работе [10] говорится, что во время топки температура в некоторых зонах поверхности нетеплоемкой печи может достигать 600-650 °С. Следовательно, возможно возгорание легковоспламеняемых материалов от разогретых поверхностей нетеплоемкой печи.

Мегорский Б.В. в работе [8] описывает результаты экспериментов, проведенных с нетеплоемкой печью, как он ее называет, «железнодорожного типа». Оказалось, что температура печи и ее дымохода во время топки дровами и торфобрикетами почти не зависит от продолжительности топки. Температура нагрева отдельных элементов нетеплоемкой печи при топке дровами составляла: в топливнике – 830 °С, в месте изгибы металлического рукава в горизонтальной части колена – 540 °С, в средней горизонтальной части металлического рукава – 470 °С, а на металлическом рукаве в месте его прохода через перегородку в 2,2 м от колена – 360 °С.

В работе [11] говорится, что температура на внешней поверхности нетеплоемкого канала близка к температуре топочных газов и может достигать 400 °С при использовании древесных видов топлива, 600 °С – при использовании каменного угля или 1000 °С – при загорании сажи в канале.

Таким образом, в совокупности из вышеизложенного можно сделать вывод, что точно установить температуру уходящих газов при топке банной печи, которая проводилась в части жилого дома под помещением бани, определить не представляется возможным. Теоретически в некоторых зонах поверхности металлической печи от нагрева топочными газами температура могла достигать 600-650 °С [11].

Решение задач по определению нагрева веществ, материалов и изделий до возгорания являются типовыми и рассмотрены в работах [1,12].

В протоколе осмотра места происшествия отмечено, что вместе пересечения дымовой асбестовой трубы и кирпичной кладки обнаружены фрагменты обугленных текстильных материалов (рис. 2).

В соответствии с ГОСТ Р 53321-2009 «Аппараты теплогенерирующие, работающие на различных видах топлива. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний» дымовые каналы должны соответствовать следующим требованиям:

- п. 4.39.8 Дымовой канал, проходящий вблизи строительных конструкций из горючих материалов, не должен нагревать их выше 50°C.

Из материалов проверки не ясно сколько топились печь в день пожара, поэтому принимаем время с момента начала топки до момента обнаружения дыма из-под кровли итого 3 часа 20 минут, что составляет 3,33 часа. В работе [1,12] приводятся примеры расчетов нагрева веществ, материалов и изделий до возгорания. Приведем их в соответствии с установленными обстоятельствами пожара. Решение такой задачи математическим методом расчета оценки возможности нагрева веществ и материалов до возгорания делится на две части:

1. Расчет нагрева асбестоцементной трубы толщиной 0,05 метра в течении 3 часов 20 минут при помощи математических методов (рис. 2).
2. Расчет нагрева термостойкого кирпича толщиной 0,114 метра в течении 3 часов 20 минут при помощи математических методов.

Часть I. Асбестоцементная труба

Принимаем что:

асбестоцементная труба Толщина (σ - 5 см – 0,05 метра), $t_m = 600$ °C, $t_0 = 16$ °C.

Температура топочных газов берется как среднее значение суммы минимального (360 °C) и максимального значений (840 °C).

Расчет производится для $\tau = 200$ мин = 3 ч 20 мин.

1) Средняя температура асбестоцементной трубы за время нагрева рассчитывается по формуле:

$$t_m = 0,5(t_0 + t_n)$$

где $t_0 = 16$ °C, $t_n = 600$ °C,

$$t_m = 0,5(16 + 600) = 308$$
 °C

2) Рассчитываем коэффициент температуропроводности асбестоцементной трубы

$$\alpha_m = \frac{3,6\lambda}{C \cdot \rho}$$

где C – теплоемкость кДж/(кгК), ρ – плотность (кг/м³), λ – коэффициент теплопроводности Вт/(мК).

$$\alpha_m = \frac{3,6 \cdot (0,157 + 18,6 \cdot 10^{-5} \cdot 308)}{1200 \cdot 0,82} = 0,000784 \text{ м}^2/\text{ч}$$

C – теплоемкость кДж/(кгК), ρ – плотность (кг/м³), λ – коэффициент теплопроводности Вт/(мК) см. приложение 11 стр. 76 [12].

3) Аргумент функции Крампа рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{\sigma}{2\sqrt{\alpha_m \tau}}$$

где, σ – толщина материала (м), τ – время обогрева (час)

$$A = \frac{0,05}{2\sqrt{0,000784 \cdot 3,33}} = 0,489$$

По табл. 12 [12] определяем значение erf(A) и «Параметра A».

Значение Гауссова интеграла ошибок (функция Крампа) полученное методом линейной интерполяции для асбестоцементной трубы приведено в табл. 1.

Таблица 1. Значение Гауссова интеграла ошибок (функция Крампа) полученное методом линейной интерполяции для асбестоцементной трубы

Параметр A	Erf (A)
0,45	0,4754
0,489	X
0,5	0,5205

X= 0,5106 значение Гауссова интеграла ошибок (функция Крампа) полученное методом линейной интерполяции для асбестоцементной трубы.

4) Искомая температура на внешней стороне трубы рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{тр}} = t_{\text{н}} - (t_{\text{н}} - t_0) \operatorname{erf}(A)$$

Принимаем $t_{\text{н}} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_0 = 16 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$T_{\text{тр}} = 600 - (600 - 16) \cdot 0,5106 \approx 302 \text{ }^\circ\text{C}$$

Промежуточный вывод: температура на внешней стороне асбестоцементной трубы через 3 часа 20 минут работы исправной нетеплоемкой печи составит $302 \text{ }^\circ\text{C}$, что является не допустимым для использования хризотилцементных (асбестоцементных) труб. Расчетная температура ($302 \text{ }^\circ\text{C}$) превышает температуру воспламенения большинства сортов древесины ($240\text{-}260 \text{ }^\circ\text{C}$) и могла привести к воспламенению деревянной обрешетки, а также расчетная температура превышает температуру самовозгорания бумаги и текстильных материалов на основе хлопка.

Часть II. Термостойкий кирпич

1) средняя температура термостойкого кирпича в пределах толщины стены за время нагрева рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{м}} = 0,5(t_0 + t_{\text{н}})$$

где $t_0 = 16 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\text{н}} = 302 \text{ }^\circ\text{C}$

$$t_{\text{м}} = 0,5(16 + 302) = 159 \text{ }^\circ\text{C}$$

2) Рассчитываем коэффициент температуропроводности термостойкого кирпича

$$\alpha_{\text{м}} = \frac{3,6\lambda}{C \cdot \rho}$$

где C – теплоемкость кДж/(кгК), ρ – плотность (кг/м³), λ – коэффициент теплопроводности Вт/(мК).

$$\alpha_{\text{м}} = \frac{3,6 \cdot (0,445 + 23,3 \cdot 10^{-5} \cdot 159)}{1580 \cdot (0,715 + 42 \cdot 10^{-5} \cdot 159)} = \frac{1,83503}{1314,054716} = 0,0014 \text{ м}^2/\text{ч}$$

C – теплоемкость кДж/(кгК), ρ – плотность (кг/м³), λ – коэффициент теплопроводности Вт/(мК) см. приложение 11 стр 76 [12].

3) Аргумент функции Крампа рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{\sigma}{2\sqrt{\alpha_{\text{м}}\tau}}$$

где, σ – толщина материала (м), τ – время обогрева (час).

Для того что бы найти - σ – (толщину материала) необходимо произвести расчеты, и мы получим от края трубы до края термостойкого кирпича расстояние в 11,4 см – 0,114 метра.

$$A = \frac{0,114}{2\sqrt{0,0014 \cdot 3,33}} = 0,835$$

По таблице 12 [12] определяем значение erf(A) и «Параметра А»

Значение Гауссова интеграла ошибок (функция Крампа) полученное методом линейной интерполяции для термостойкого кирпича приведено в табл. 2.

Таблица 2. Значение Гауссова интеграла ошибок (функция Крампа) полученное методом линейной интерполяции для термостойкого кирпича

Параметр А	Erf (A)
0,8	0,7421
0,835	X
0,85	0,7706

X= 0,76205 значение Гауссова интеграла ошибок (функция Крампа) полученное методом линейной интерполяции для термостойкого кирпича.

4) Искомая температура на внешней стороне термостойкого кирпича рассчитывается по формуле:

$$T_B = t_H - (t_H - t_0) \operatorname{erf}(A)$$

Принимаем $t_H = 159$ °C, $t_0 = 16$ °C.

$$T_B = 159 - (159 - 16) \cdot 0,76205 \approx 50^\circ\text{C}$$

Вывод: температура на внешней стороне термостойкого кирпича через 3 часа 20 минут работы исправной нетеплоемкой печи составит 50 °C, что не является температурой возгорания обрешетки, выполненной из древесины.

Таким образом, учитывая вышеизложенное и основываясь на проведенных расчетах, можно сделать вывод, что от нагретой поверхности асбестоцементной трубы, используемой в качестве дымохода возможно возникновение пожара.

Заключение

В данной работе исследовано применение математических методов в пожарно-технической экспертизе. Как показал произведенный теплофизический расчет на основании [1,12,13]: температура на внешней стороне асбестоцементной трубы исправной нетеплоемкой печи составит 302 °C, что является не допустимым для использования хризотилцементных (асбестоцементных) труб. Расчетная температура (302 °C) превышает температуру воспламенения большинства сортов древесины (240-260 °C) и могла привести к воспламенению деревянной обрешетки, а также расчетная температура превышает температуру самовозгорания бумаги и текстильных материалов на основе хлопка.

А в случае, если бы дымоход, выполненный из асбестоцементной трубы был обложен термостойким кирпичом на всю высоту его исполнения, то температура на внешней стороне термостойкого кирпича составила 50 °C, что в несколько раз меньше температуры воспламенения древесины.

Использование данных математических методов расчетов экспертами при подготовке экспертных заключений будет способствовать повышению объективности достоверности и научности выводов эксперта, что в свою очередь, усилит доказательственное значение заключение эксперта в целом.

Литература

1. Куликова Л.К., Карасев Е.В., Таратанов Н.А. Математическая оценка нагрева веществ и материалов до возгорания в целях пожарно-технической экспертизы // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Иваново, 19 сентября 2018 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 82-88.
2. Мегорский Б.В. Методика установления причин пожаров (Общие положения методики и основы пожарно-технической экспертизы). – М.: Стройиздат, 1966.
3. Зернов С.И., Павлов Е.Ю. Первоначальные действия по факту пожара: Учебно-практическое пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005.
4. Россинская Е.Р., Галяшина Е.И. Настольная книга судьи: судебная экспертиза. - «Проспект», 2011.
5. Расследование и экспертиза пожаров: Учебник / Галишев М.А., Бельшина Ю.Н., Дементьев Ф.А. и др. - СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2019. 515 с.
6. Долгушина Л.В., Матерова С.И., Слепов А.Н. Формирование исследовательской компетенции у обучающихся в рамках изучения дисциплины «Теория горения и взрыва» // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2017. – № 4(7). – С. 66-72.
7. Артамонов В.С., Белобратова, В.П.; Бельшина, Ю.Н.; Кирилов Г.Н. Расследование пожаров: учебник / под ред. Г. Н. Кирилова; МЧС России, Санкт-Петербургский ун-т ГПС МЧС России. – Москва: Санкт-Петербургский ун-т ГПС МЧС России, 2007. – 544 с. – ISBN 978-5-901496-20-6.
8. Мегорский Б.В. Методика установления причин пожаров от печного отопления. – М. Изд. ком.хоз. РСФСР, 1961, 131с.
9. Андреева О.В. Экспертное исследование после пожара отопительных печей, каминов твёрдотопливных котлов // Расследование пожаров: Сборник статей / под общ. ред. И.Д. Чешко. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2019. – С. 125-149.
10. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара. В 2-х книгах. СПбФ ФГУ ВНИИПО МЧС России, Кн. 1 – Санкт-Петербург: ООО «Типография «Береста», 2010. 708 с.
11. Зуйков В.А., Земский Г.Т., Кондратюк Н.В., Зуйков А.В. Пожарная опасность нетеплоемких дымовых каналов // Пожарная безопасность. – 2019. – № 1. С. 92-95.
12. Зернов С.И. Расчетные оценки при решении задач пожарно-технической экспертизы: Учебное пособие. М.: ВНКЦ МВД СССР, 1992.
13. Зернов С.И. Техничко-криминалистическое обеспечение расследования преступлений, сопряженных с пожарами. - М.: ЭКЦ МВД РФ, 1996.