

678.067.5 Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №4 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-4.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/44TVN417.pdf>

Статья опубликована 12.08.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Флегонтов Д.В., Акулова М.В., Потемкина О.В. Перспективные методы обнаружения повреждений конструкций от скрытых очагов пожара // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №4 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/44TVN417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 678.067.5

Флегонтов Денис Вячеславович¹

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», Россия, Иваново
Адъюнкт
E-mail: Den.flegontov@yandex.ru

Акулова Марина Владимировна

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», Россия, Иваново
Заведующий кафедрой «Строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов»
Доктор технических наук, профессор
Советник РААСН
E-mail: m_akulova@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=125046

Потемкина Ольга Владимировна

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», Россия, Иваново
Заместитель начальника академии по учебной работе
Кандидат химических наук, доцент
E-mail: molodkina@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=906682

**Перспективные методы обнаружения
повреждений конструкций от скрытых очагов пожара**

Аннотация. Авторами представлены современные подходы к установлению очага скрытого пожара, которые в настоящее время достаточно неоднозначны и выбор той или иной методики осуществляется непосредственно экспертом. В данной статье рассмотрены проблемы обнаружения повреждений конструкций от скрытых очагов пожара. Проанализированы методологии их обнаружения. Выявлена и обоснована необходимость разработки комплексной методики, которая применима для установления очага латентного пожара, а также применима для оценки возможности дальнейшего применения строительной конструкции.

Основной целью данной работы является применение методики синхронного термического анализа для изучения бетонных композитов с целью дальнейшей идентификации очага скрытого пожара и определения мест наиболее поврежденных конструктивных элементов строительной конструкции. В работе анализируются показатели бетонов,

¹ 628186, ХМАО-Югра, Тюменская область, г. Нягань, ул. Киевская, д. 2, кв. 7 «Б»

полученные методом термического анализа, с показателями бетона заранее подверженному термическому воздействию в муфельной печи. Сравнивая показатели авторами установлены параметры температурного воздействия на исследуемый образец, что приводит к установлению очага скрытого пожара.

Параметры, полученные авторами, с помощью применения синхронного термического анализа применимы для оценки возможности дальнейшего применения строительных конструкций после латентного пожара.

Ключевые слова: методология; бетонные конструкции; повреждения конструкций; скрытый пожар; причина пожара; термогравиметрия; степень повреждения бетона

Введение

Пожар является одним из видов стихийного воздействия, последствиями которого является как гибель людей, так и нанесение значительного материального ущерба. Во время пожара происходит нагрев конструкций в результате воздействия на нее высокой температуры. Длительность и интенсивность воздействия высоких температур на конструкции индивидуальны, и в основном зависят от количества и качества огневой нагрузки [1, 7-10]. Своевременное и правильное установление причины пожара позволяет дать качественную оценку поврежденным строительным конструкциям и установить возможность их дальнейшего использования. Существуют и скрытые пожары. Основной вопрос, решаемый при расследовании скрытых пожаров – причина их возникновения. Установлению причины пожара должно предшествовать обнаружение первоначального места возникновения горения или очага пожара, которое может быть закрыто при проведении ремонтно-восстановительных работ. Некоторые скрытые пожары происходят внутри строительной конструкций и обнаруживаются лишь при их сильном повреждении.

Распространение очага пожара и повреждение конструкций в первую очередь зависит от вида строительного материала конструкции [1, 7-10]. В настоящее время для изготовления несущих конструкций используются в основном неорганические строительные материалы на основе цементного связующего. При высокотемпературном нагреве бетонный камень теряет гидратную воду и разрушается.

Латентные пожары опасны тем, что, как правило, тушение пожара производится работниками организации без участия сотрудников МЧС России, что приводит к невозможности оценки степени повреждения объекта. Зачастую здания и сооружения, в которых возможно скрыть пожар ремонтно-реставрационными работами выполнены из бетона. Невозможность оценки степени повреждения здания может привести к обрушению его конструкций в момент нахождения в нем людей, что соответственно может привести к необратимым последствиям. Решение комплексной задачи по своевременному обнаружению скрытых очагов пожара и увеличению огнестойкости конструкций является актуальным.

Основная часть

В данной работе рассмотрена комплексная методика по обнаружению скрытого очага пожара в бетонных строительных конструкциях.

Для получения ответов на вопросы в области установления очага пожара на практике применяются разнообразные методы. Первоначальную оценку прочности конструкций, выполненных из бетона в тех или иных зонах пожара в работах [3-5, 7] рекомендуют проводить с помощью эталонного молотка Кашкарова, молотка (склерометра) Шмидта или аналогичных

инструментов (молотка Фидзеля, приборов типа ХПС и КМ с шариковым наконечником). Однако их применение не всегда целесообразно, в связи с тем, что данный метод работает с наружным слоем строительной конструкции, который подвергается ремонтно-восстановительным работам после пожара.

Более точными являются аналитические методы исследования (газовая и тонкослойная хроматография, ИК-спектроскопия, ультразвуковая дефектоскопия) применяемые для установления очага пожара, однако данные методы не дают провести необходимые исследования в полном объеме ввиду ограниченной возможности работы, но могут дать общую картину места предположительного очага скрытого пожара. Наиболее полную картину должен дать комплексный метод, включающий получение первичных физических, физико-механических характеристик методами неразрушающего контроля и отбор проб вещества для исследования при помощи метода синхронного термического анализа (далее СТА).

Исследование материалов с применением СТА позволяет определять их структуру и химический состав [4]. Оценка термической и химической устойчивости, динамики процессов разложения дает возможность, как спрогнозировать поведение различных конструкций в условиях пожара, так и выявить зоны пожара или место основное воздействия теплового потока.

В качестве примера использования методики в данной работе рассмотрим исследования бетонов с помощью прибора SDT-Q600 [2] на термогравиметрической зависимости в составе синхронного термического анализа (ТГ), где регистрируется изменение массы образца в зависимости от температуры или времени при нагревании в заданной среде с регулируемой скоростью.

Исследования образцов бетона подверженных термическому воздействию методом термического анализа проводись [2] при следующих условиях: в воздушной среде в интервале температур 30-1000 °С со скоростью подъема температуры 5-20 °С/мин, линейная скорость продувочного газа составляла 100 см³/мин., количество проводимых параллельных испытаний от трех до пяти в зависимости от специфики исследуемого объекта. На рис. 1, 2 представлены термограммы контрольных образцов бетона М200 и М400 [6], а на рис. 3-6 термограммы тех же бетонов, но после предварительного высокотемпературного прогрева. Результаты измерений образцов бетона лежат в диапазоне от комнатной температуры до 1000 °С.

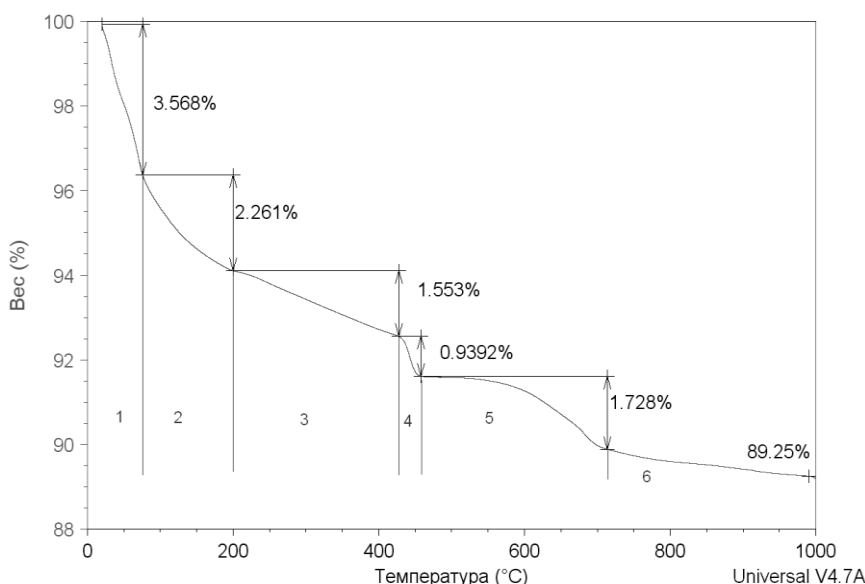


Рисунок 1. Термограмма бетона М200: 1 – этап №1, 2 – этап №2, 3 – этап №3, 4 – этап №4, 5 – этап №5, 6 – этап №6 [2]

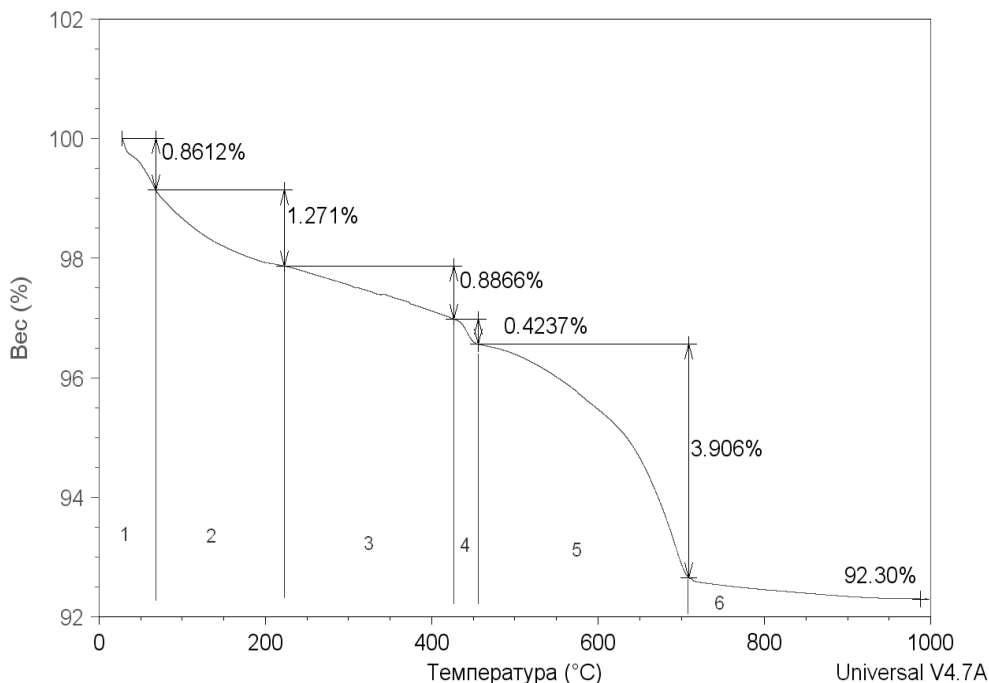


Рисунок 2. Термограмма бетона М400: 1 – этап №1, 2 – этап №2, 3 – этап №4, 4 – этап №4, 5 – этап №5, 6 – этап №6 [2]

Как видно из приведенных термограмм на первом и втором этапах (рис. 1) происходит испарение воды. Так до 100 °С происходит значительное высвобождение несвязанной воды, от 100 до 200 °С отделяются молекулы воды, находящиеся в виде гидратов неорганических солей. На третьем этапе, в интервале температур 200-400 °С потеря массы и как следствие постепенное снижение прочности цементного камня (бетона) происходит большей частью из-за процессов дегидратации гидроалюминатов, а также распада и перекристаллизации гидросульфалюминатов кальция.

На четвертом этапе, который начинается с 410 °С происходит дегидратация гидрооксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$. На пятом этапе при 500-600 °С преимущественно идёт разложение трехкальциевого силиката, что способствует дальнейшему снижению прочности цементного камня. На шестом этапе при температуре 650-700 °С начинается разложение карбонатов. Наличие на термограмме эндотермического пика ($T = 568,73$ °С), характеризует структурный переход оксида кремния из α - в β -модификацию.

Сравнение термограмм образцов бетона марок М200 и М400 показывает схожую картину, однако бетон низкой марки показывает увеличенное содержание физически связанной воды, а бетон высокой марки – увеличенное содержание кристаллической. Таким образом, с помощью термограмм можно определять структурные особенности разных марок бетонов.

Термограммы образцов бетона М200 и М 400 предварительно подвергшиеся высокотемпературному воздействию показывают значительное отличие от контрольных термограмм.

Для получения сравнительных результатов образцы бетона нагревались в муфельной печи при различных температурах (200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 и 1000 °С) в течение 30 мин (рис. 3, 5).

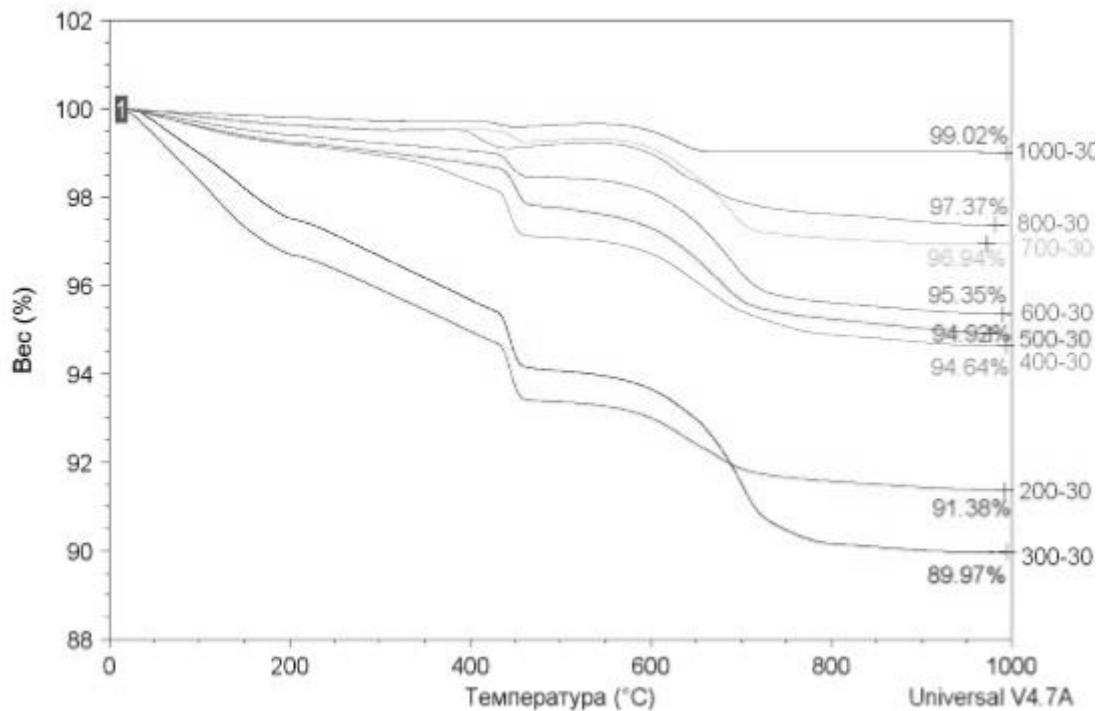


Рисунок 3. Термограмма образцов бетона M200, предварительно нагретого в течении 30 мин при температурах 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 и 1000 °C [2]

В бетоне М 200, подвергнутые термическому воздействию (рис. 3) в течение 30 минут, более меньшую потерю массы имеют образцы, у которых предварительный прогрев осуществлялся при 1000 °С. Наибольшая потеря массы наблюдается у образцов, подвергавшихся температурному воздействию при 300 °С в течение 30 минут (рис. 3). Термограммы образцов бетона М 400, подвергшихся такому – же предварительному прогреву похожи на термограммы бетона более низкой марки, но более интенсивные, что говорит о наличии высокоосновных кристаллогидратов, которые разлагаются при температурах выше 600 °С. Сравнив результаты исследования методом термогравиметрии, можно определить зависимость изменения массы образцов бетона от температуры предварительного нагрева, а значит, и применять данный метод для обнаружения бывших очагов пожара и его интенсивность.

Для подтверждения методики образцы бетонов М200 и М400 предварительно нагревались в муфельной печи при 600 °С в течение 15, 30 и 60 минут, а затем исследовались методом термического анализа (рис. 4, 5). Как видно из приведенных данных везде прослеживается изменение потери массы бетонов в зависимости от времени высокотемпературного прогрева. Чем больше время предварительного прогрева, тем меньше изменение массы на термограммах. Таким образом, с помощью метода термогравиметрии можно определять не только интенсивности прошедшего пожара, но и его длительность.

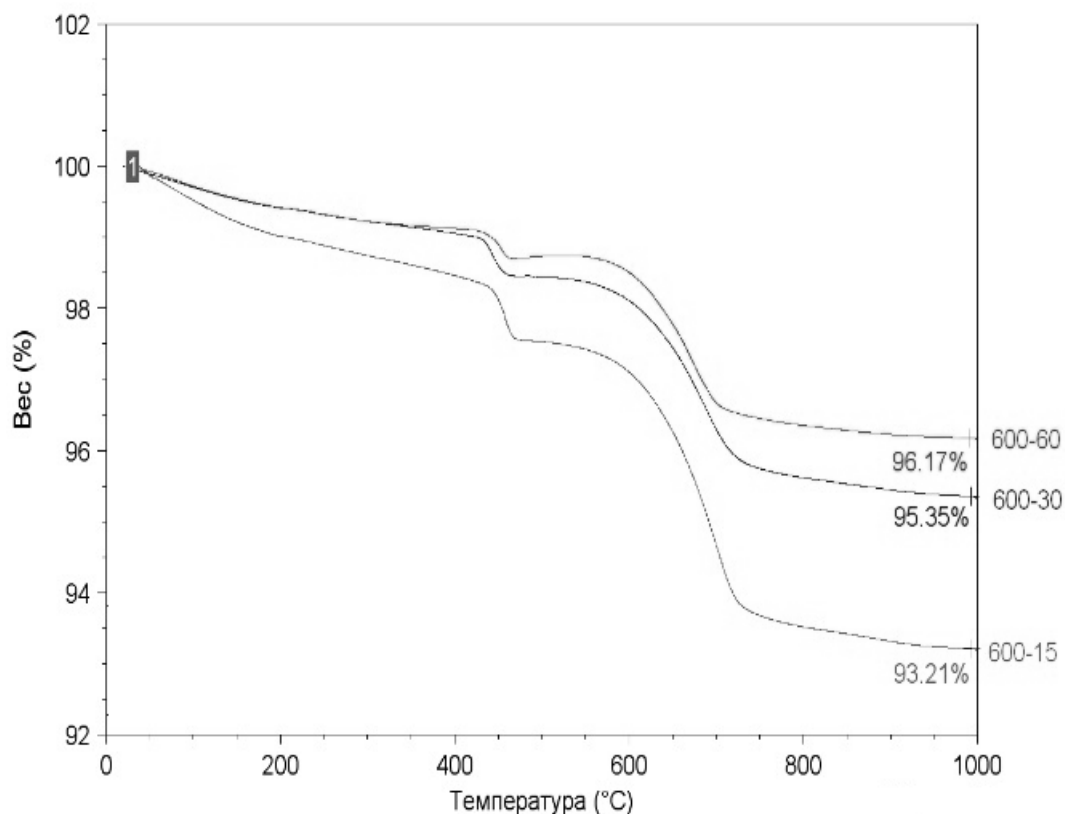


Рисунок 4. Термограмма образцов бетона М200, предварительно нагретого при 600 °С в течении 15, 30 и 60 мин (составлено авторами)

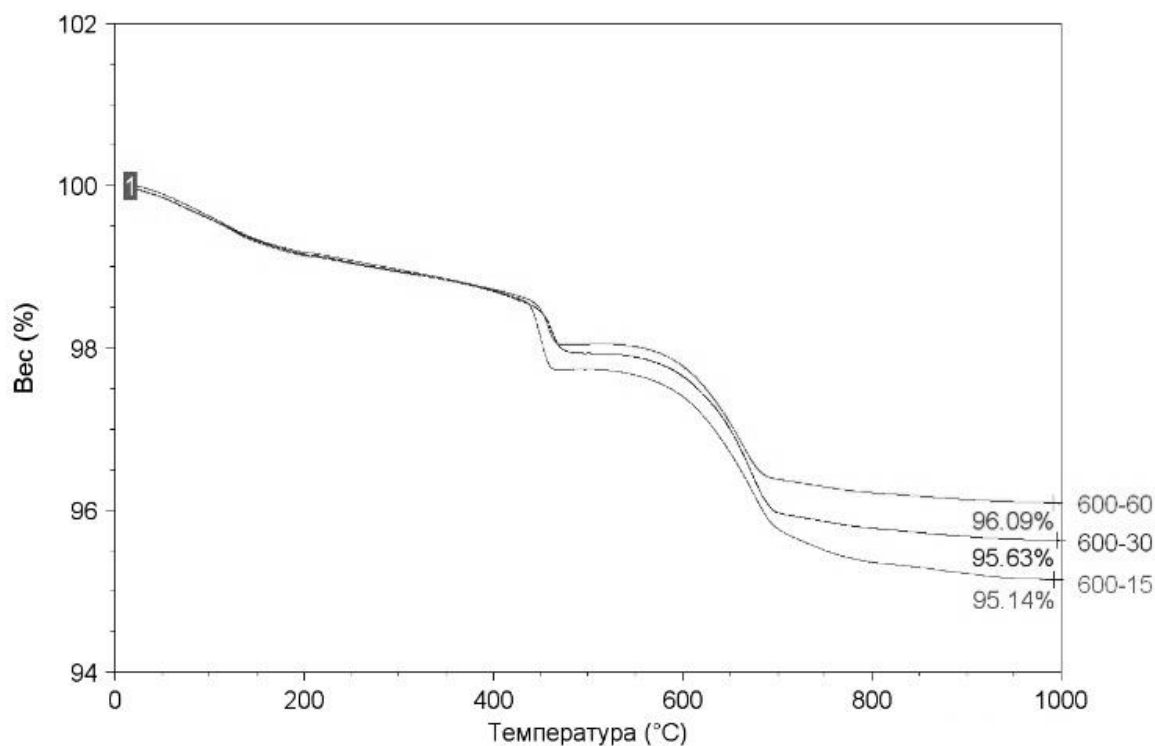


Рисунок 5. Термограмма образцов бетонов М400, предварительно нагретых при 600 °С в течение 15, 30 и 60 мин (составлено авторами)

При пожаре в зданиях и сооружениях из сборного железобетона преобладает односторонний нагрев конструкций – плит и панелей стен, междуэтажных перекрытий и

покрытий. В результате высокотемпературного (до 700-800 °С) кратковременного (до 1,5-2 ч) нагрева в бетоне происходят необратимые структурные изменения, приводящие к снижению и даже к полной потере прочности конструкций.

Заключение

Параметры, полученные с помощью синхронного термического анализа применимы для оценки возможности дальнейшего использования строительных конструкций. Так, например, зная показатели цементных композитов по потере несущей способности можно определить при сравнительном анализе и степень повреждения той или иной конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецова И. С. Прочность и деформативность железобетонных конструкций, поврежденных пожаром. Диссертация на соискание степени кандидата технических наук. Государственный Орден Трудового Красного Знамени научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А. А. Гвоздева (НИИЖБ) 1999. 156 с.
2. Плотникова Г. В., Дашко Л. В., Ключников В. Ю., Синюк В. Д. Применение методов термического анализа при исследовании цементного камня // Вестник Восточно – Сибирского института МВД России. №2, 2015. 73 с.
3. Чешко И. Д., Соколова А. Н. Выявление очаговых признаков и путей распространения горения методом исследования слоёв копоти на месте пожара. Метод. рекомендации. М.: ВНИИПО, 2008. 49 с.
4. Шульгин С. О. и др. Специальные инструментальные методы и средства обеспечения предварительного и экспертного исследования объектов пожарно-технической экспертизы: Пособие. – М.: ЭКЦ МВД России, 2005. 187 с.
5. Ларионова З. М., Соломонов В. В., Леднева Н. П. Определение температуры нагрева бетона по изменению его состояния после пожара // Пром. строительство. – 1989. № 2. 20 с.
6. Ключников В. Ю., Дашко Л. В., Довбня А. В., Пеньков В. В. Информационное письмо. «Применение синхронного термического анализа при производстве пожарно-технических экспертиз» М.: ЭКЦ МВД России, 2011. 4 с.
7. Шульгин С. О. и др. Специальные инструментальные методы и средства обеспечения предварительного и экспертного исследования объектов пожарно-технической экспертизы: Пособие. – М.: ЭКЦ МВД России, 2005. 187 с.
8. Альмяшев В. И., Гусаров В. В. Термические методы анализа: Учеб. пособие / А 57 СПбГЭТУ (ЛЭТИ). – СПб., 1999. 40 с.
9. Чешко И. Д., Атрощенко Н. Н. Исследование неорганических строительных материалов с целью установления очага пожара / Теория и практика новых видов судебных экспертиз. – М.: ВНИИСЭ. 1989. 73 с.
10. Ильин Н. А. Техническая экспертиза зданий, поврежденных пожаром. – М.: Стройиздат, 1983. 200 с.

Flegontov Denis Vyacheslavovich

Ivanovo fire rescue academy of state firefighting service of Ministry of Russian Federation for civil defense, emergencies and elimination of consequences of natural disasters, Russia, Ivanovo
E-mail: Den.flegontov@yandex.ru

Akulova Marina Vladimirovna

Ivanovo state politechnical university, Russia, Ivanovo
E-mail: m_akulova@mail.ru

Potemkina Olga Vladimirovna

Ivanovo fire rescue academy of state firefighting service of Ministry of Russian Federation for civil defense, emergencies and elimination of consequences of natural disasters, Russia, Ivanovo
E-mail: molodkina@mail.ru

Perspective methods for detecting damage to structures from hidden fire

Abstract. The authors present modern approaches to the establishment of a focal hiding-fire site, which are currently rather ambiguous and the choice of this or that technique is carried out directly by the expert. In this article, problems of detecting damage to structures from hidden fires are discussed. The methodologies for their detection are analyzed. The need to develop a comprehensive methodology that is applicable to the establishment of a hot spot of fire and is also applicable to assessing the possibility of further application of a construction structure has been identified and justified.

The main goal of this work is the application of the synchronous thermal analysis method for the study of concrete composites in order to further identify the source of hidden fire and identify the places of the most damaged structural elements of the building structure. In this paper, we analyze the indicators of concrete obtained by the thermal analysis method, with the indices of concrete pre-exposed to thermal effects in the muffle furnace. Comparing the indices, the authors established the parameters of the temperature influence on the sample under study, which leads to the establishment of a focal fire.

The parameters obtained by the authors, through the use of simultaneous thermal analysis is applicable to assess possible further applications of building structures after a latent fire.

Keywords: methodology; concrete structures; damaged structures; a hidden fire; the cause of the fire; thermogravimetry; the degree of damage of concrete