

Л. В. ДАШКО, канд. хим. наук, научный сотрудник научно-исследовательского отдела, Экспертно-криминалистический центр МВД России (Россия, 125130, г. Москва, ул. Зои и Александра Космодемьянских, 5; e-mail: suthomas@yandex.ru)

В. Д. СИНЮК, эксперт отдела взрыво- и пожарно-технических экспертиз Управления технических экспертиз, Экспертно-криминалистический центр МВД России (Россия, 125130, г. Москва, ул. Зои и Александра Космодемьянских, 5)

Г. В. ПЛОТНИКОВА, канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры пожарно-технической экспертизы, Восточно-Сибирский институт МВД России (Россия, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 110; e-mail: plotnikovagv@mail.ru)

УДК 691.32:614.841.2

ЭКСПЕРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ПОСЛЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Проведены исследования по определению температуры и времени нагрева строительных конструкций на основе цементного камня методами термического анализа в целях установления очага пожара при производстве пожарно-технических экспертиз. Результаты исследований показали, что методами термоанализа можно установить температуру и время нагрева образцов, определить соотношение компонентов в смеси, начало и степень их разложения, наличие веществ, обладающих огнестойкостью, остаточную массу образца в зависимости от времени и температуры прогрева, влияющих на свойства строительных материалов. Установлено, что в отличие от применяющихся в настоящее время методов исследований метод синхронного термического анализа позволяет использовать малые количества материала, отобранного с места пожара. В работе также были применены общепринятые методы определения прочности цементного камня с использованием молотка Кашкарова и комплекса "Ультратерм" для получения объективных результатов исследования.

Ключевые слова: термические методы анализа; пожар; пожарно-техническая экспертиза; бетон; цементный камень; строительная конструкция; синхронный термический анализ; причина пожара; очаг пожара; высокотемпературный нагрев.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.12.22-32

Каждый пожар — это явление, специфичность и уникальность которого обуславливаются процессами, которые возникают, развиваются, видоизменяются и приводят к безвозвратной потере следовой информации об обстоятельствах его возникновения и развития. Важной особенностью пожара по сравнению с другими происшествиями является то, что на образование следов, их сохранность и доступность для последующего обнаружения и исследования влияют процессы, происходящие при развитии и тушении пожара. Многие информативные следы уничтожаются огнем, обрушившимися конструкциями, огнетушащими веществами, действиями пожарных подразделений, перемещением на другое место при разборке конструкций, в результате случайных или умышленных действий людей и т. п. В пожарах обычно уничтожаются основные следы, указывающие на причины их возникновения, а также следы преступной деятельности, которые пытаются скрыть путем поджогов. В связи с этим своевременное и правильное изъятие вещественных объектов, а также своевременное назначение экспертиз по делам этих

категорий во многом способствует проведению качественного расследования в короткие сроки.

Дела о пожарах считаются особо сложными. Для выяснения обстоятельств, способствовавших возникновению пожара, назначают пожарно-техническую экспертизу, при производстве которой используются различные методы исследований, позволяющие оценить влияние высокотемпературного воздействия пожара на совокупные свойства материалов [1–5]. Основные задачи пожарно-технической экспертизы заключаются в определении очага пожара и причин его возникновения. Своевременное и правильное установление причин пожара дает возможность органам дознания и следствия установить наличие состава преступления и степень ответственности лиц, помочь в разработке и проведении мероприятий по предупреждению пожаров. В то же время причины возникновения пожара устанавливаются далеко не во всех случаях. Это может быть связано не только с утратой признаков во время пожара, умышленным уничтожением их, длительным временным периодом между происшествием и осмотром места по-

жара, но и с низкой квалификацией эксперта, отсутствием лабораторного оборудования для исследований, невозможностью проведения их из-за слишком малых количеств вещественных доказательств, изъятых с места пожара, и т. д.

Одним из важных направлений при производстве пожарно-технической экспертизы является исследование воздействия высоких температур на строительные конструкции из бетона. Цементные бетоны и растворы создаются на основе цементных составов. Это самый распространенный и наиболее широко применяемый в строительстве тип бетона. Основное место в этой группе занимает портландцемент и его разновидности. В условиях пожара при нагревании в таких строительных материалах происходят физико-химические превращения, которыми обуславливается изменение их состояния и свойств. Так как бетон является композиционным материалом, его поведение при нагреве зависит от поведения цементного камня, заполнителя и их взаимодействия между собой. Под влиянием высокотемпературного пламени снижается несущая способность бетонных и железобетонных конструкций, а через определенное время может произойти их разрушение. Снижение прочности бетона в условиях пожара является результатом развития внутренних напряжений вследствие различия температурного коэффициента линейного расширения цементного камня и заполнителей. В результате в структуре материала наблюдаются изменения, которые можно определить специальными методами. Установив устойчивые корреляционные связи между структурой материала, его отдельными свойствами и условиями теплового воздействия, можно использовать эти материалы и их обугленные остатки в качестве источника информации при исследовании пожара. Изучение данных объектов после пожара позволяет установить зоны различного термического поражения конструкций, рассчитать ориентировочную температуру и длительность горения в точках отбора проб и получить сведения, дающие возможность более точно и объективно установить очаг пожара.

Для установления объективной картины возникновения пожара и его развития, в частности особенностей поведения бетонов на основе цементного камня при тепловом воздействии пожара, применяются различные методы исследования [6–8]. К таким методам относятся ультразвуковая дефектоскопия (полевой метод), методы инфракрасной спектроскопии, другие классические лабораторные методы исследований, а также комплексный метод исследования, включающий в себя ультразвуковой метод, метод световой микроскопии в иммерсионных жидкостях и калориметрический метод [9].

Предварительную оценку прочности бетонных конструкций в тех или иных зонах пожара рекомендуется проводить с помощью эталонного молотка Кашкарова. Данный метод основан на наличии связи между прочностью бетона и величиной косвенного показателя, в качестве которого используется отношение диаметров отпечатков, оставленных на бетоне и эталонном стержне при ударе молотком Кашкарова. Устройство молотка позволяет исключить влияние силы удара на результаты измерений, так как отпечатки получаются одновременно и на бетоне с неизвестной плотностью, и на эталонном стержне с известными характеристиками. Оценка прочности бетона с помощью прибора основана на корреляционной связи между изменяемыми параметрами, т. е. между относительной прочностью поверхности бетона и пределом прочности бетона на сжатие.

Ультразвуковые (УЗ) исследования и дефектоскопия бетонных и железобетонных конструкций широко используются как экспресс-методы оценки их физико-механических свойств. Принцип УЗ-исследования основан на изменении временного интервала между моментом излучения и обратного приема УЗ-импульса, проходящего через исследуемый объект.

Для определения температуры нагрева бетона на пожаре используется методика, основанная на изменении его пористости. С этой целью после пожара с поверхности и из внутренних слоев конструкции отбирают пробы бетона, подвергавшегося нагреву, а также того же образца бетона, не подвергавшегося воздействию нагрева. Отобранные пробы нагревают при разных температурах и выявляют соответствующую им пористость. Затем устанавливают пористость бетона, подвергавшегося нагреву при пожаре, и по полученной эмпирической зависимости пористости от температуры нагрева определяют температуру нагрева бетона при пожаре.

Использование лабораторных методов имеет ряд недостатков, что приводит к достаточно редкому применению их и уменьшению количества проводимых исследований. К таким недостаткам относят высокую стоимость оборудования, недостаточную квалификацию исполнителей, невозможность проведения исследований на месте пожара, трудоемкость и длительность при отборе проб и их подготовке к анализу, потребность в специальных помещениях. Поэтому на практике эксперт делает заключение, основываясь на визуальных признаках и внутренней убежденности, что в некоторых случаях может привести к ошибочным выводам.

В связи с вышеизложенным актуальными представляются проблемы выбора методов экспертного исследования строительных материалов (в том числе

бетонов на основе цементного камня) с целью обеспечить достоверность результатов экспертизы при использовании доступных методов, позволяющих получать воспроизводимые результаты.

Термоаналитические методы относятся к старейшим методам анализа и широко применяются для исследования химических реакций, фазовых и других физико-химических превращений, происходящих в химических соединениях под влиянием тепла, а в случае многокомпонентных систем превращения могут происходить между отдельными соединениями [10–13]. Изменение состояния или превращение фазы всегда сопровождается изменением внутреннего теплосодержания системы, которое может быть значительным или незначительным. Каждое превращение влечет за собой поглощение или выделение тепла. Такие тепловые эффекты могут быть обнаружены методом синхронного термического анализа (СТА) [14, 15]. Во многих случаях превращения связаны с изменением (потерей) массы вещества. Изменение массы с большой точностью может быть установлено с использованием термогравиметрического (ТГ) метода, в котором масса образца определяется как функция от температуры или времени при заданном температурном режиме. Анализ литературных данных показал, что в ранее проведенных работах метод термического анализа использовался непосредственно для определения пожароопасных характеристик веществ и материалов. При этом выявлялись корреляционные связи общепринятых пожароопасных характеристик веществ, определенных стандартными методами, с информацией, получаемой методом ТГ и дифференциального термического анализа (ДТА). В частности, было предложено использовать методы ТГ и ДТА для определения температуры самовозгорания углей и других углеродсодержащих материалов [5]. В практической деятельности экспертных подразделений МВД России методы термоанализа при проведении пожарно-технических исследований до настоящего времени не применялись.

В научно-исследовательском отделе Экспертно-криминалистического центра (ЭКЦ) МВД России были проведены исследования цементного камня после теплового воздействия на него с целью оценить возможность применения методов термического анализа для исследования бетонов при определении очага пожара [16–18].

В рамках данного исследования были использованы специальные инструментальные методы предварительного и экспертного исследования объектов при пожарно-технической экспертизе (пробы цементного камня), такие как молоток Кашкарова, предназначенный для определения степени термического поражения неорганических строительных материа-

лов; приборный комплекс “Ультратерм”, предназначенный для исследования изделий из бетона и железобетона; прибор SDT Q600 для исследования методами термического анализа. Как правило, после пожара и интенсивного термического воздействия отобрать неповрежденные объекты в достаточном для исследования количестве крайне сложно. Иногда удается отобрать пробы лишь в таких малых количествах, что выполнить их анализ общепринятыми методами невозможно, поэтому и был апробирован метод СТА.

Для изготовления первой партии образцов бетона использовали сухую цементную смесь марки М200, в которую добавляли воду в соотношении 5:1 и перемешивали до образования однородной суспензии. Полученную суспензию выдерживали на воздухе в течение 30 мин и еще раз тщательно перемешивали. После этого суспензию выкладывали в специально подготовленные формы размером 110×80×70 мм и производили виброукладку.

Для изготовления второй партии образцов бетона использовали цементную смесь М400 и речной песок, предварительно просеянный через сито. Смесь цемента и песка разбавляли водой в соотношении 1:3:0,8 и перемешивали до образования однородной суспензии. Полученную суспензию выдерживали на воздухе в течение 30 мин и затем еще раз тщательно перемешивали. После этого суспензию выкладывали в специально подготовленную форму размером 110×80×70 мм и производили виброукладку.

Образцы, предназначенные для твердения в нормальных условиях, после изготовления до распалубливания хранили в формах, покрытых влажной тканью или другим материалом, исключающим возможность испарения из них влаги, в помещении с температурой воздуха $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 28 сут [1, 2].

Для получения образцов термически поврежденного бетона их помещали в муфельную печь и производили термостатирование (отжиг) при температурах от 200 до 1000 $^\circ\text{C}$ с интервалом 100 $^\circ\text{C}$ и временем отжига от 15 до 60 мин (рис. 1).

Определение прочности полученных образцов бетона проводили с использованием молотка Кашкарова путем установления корреляционной связи между относительной прочностью поверхности бетона H_s и пределом прочности бетона на сжатие H_0 . Полученные результаты представлены на рис. 2.

По результатам исследования установлено, что при нагреве происходит снижение прочности бетона на сжатие. На начальном этапе при повышении температуры от 200 до 500 $^\circ\text{C}$ изменения незначительны, но в интервале от 500 до 700 $^\circ\text{C}$ наблюдается существенное снижение прочности образцов, после чего происходит их разрушение.



Рис. 1. Образцы бетона из цемента разных марок, отожженные в течение 60 мин при различной температуре: *а* — М200 при 700 °С; *б* — М400 при 700 °С; *в* — М200 при 1000 °С

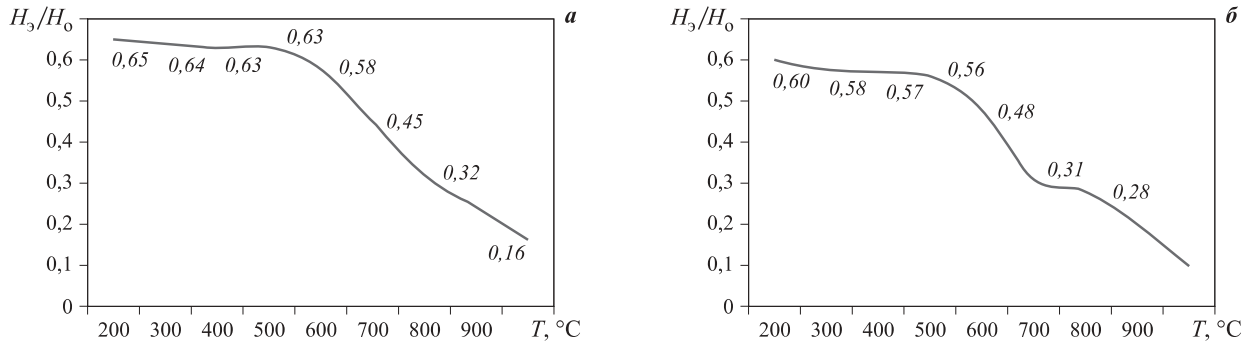


Рис. 2. Зависимость соотношения H_3/H_0 (прочности образца относительно эталонного показателя) от температуры отжига образцов цементного камня марок М200 (*а*) и М400 (*б*)

Для термически поврежденных (отожженных) образцов бетона было выполнено как сквозное (плоскими УЗ-преобразователями), так и поверхностное (игльчатыми УЗ-преобразователями) прозвучивание. На рис. 3 и 4 представлены результаты определения зависимости времени прохождения УЗ-волн от температуры для образцов бетона из цемента марок М200 и М400, отожженных в течение 60 мин.

Из результатов, представленных на рис. 3 и 4, видно, что с повышением температуры нагрева время прохождения ультразвуковых волн увеличивается. Результаты исследования бетона сквозным и продольным прозвучиванием имеют схожую закономерность и свидетельствуют о том, что при увеличении степени термического повреждения уменьшается скорость прохождения ультразвуковых волн через об-

разец. На время прохождения УЗ-волн также существенно влияет продолжительность отжига образца. Так, отжиг образца при 600 °С в течение 1 ч приводит к разрыхлению и образованию в нем макротрещин, что соответствует состоянию образца, отожженного при 800 °С в течение 15 мин. Эти расхождения в двух исследованиях можно объяснить различным расстоянием между УЗ-преобразователями (при продольном прозвучивании — 30 мм, при сквозном — 80 мм) и характером прохождения УЗ-волн через массив образца.

Изучение физико-химических процессов, происходящих при высокотемпературном нагреве образцов, возможно при исследовании бетонов методом термического анализа.

Исследования термически поврежденных образцов бетона методами термического анализа прово-

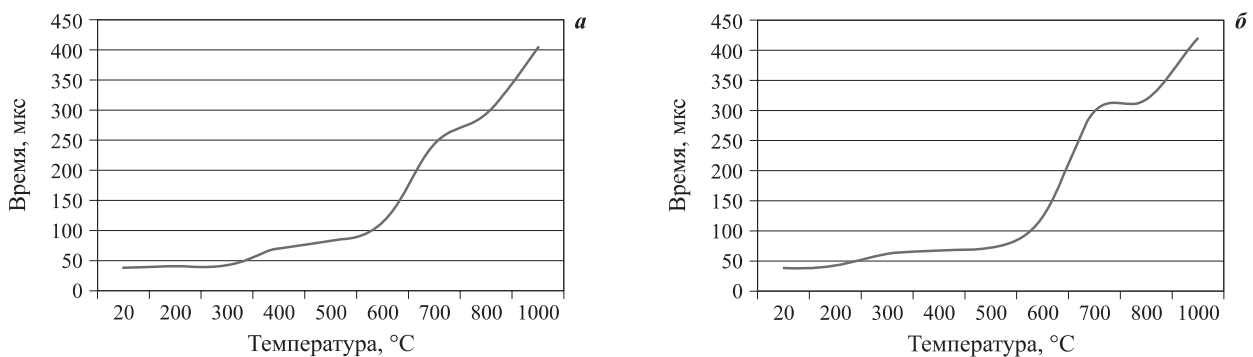


Рис. 3. Зависимость времени прохождения УЗ-волн от температуры для образца бетона из цемента М200 при продольном (*а*) и сквозном (*б*) прозвучивании

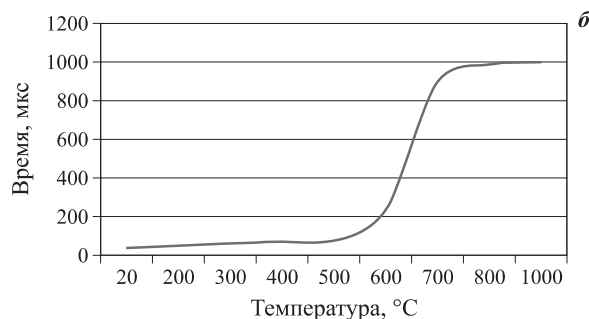
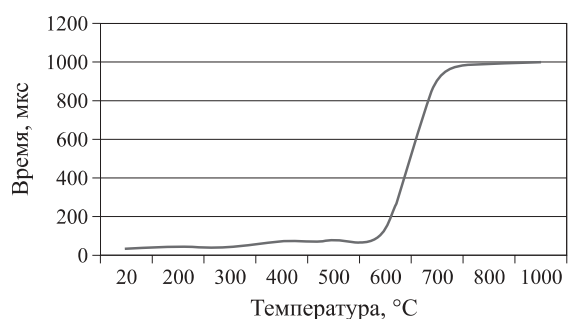


Рис. 4. Зависимость времени прохождения УЗ-волн от температуры для образца бетона из цемента М400 при продольном (а) и сквозном (б) прозвучивании

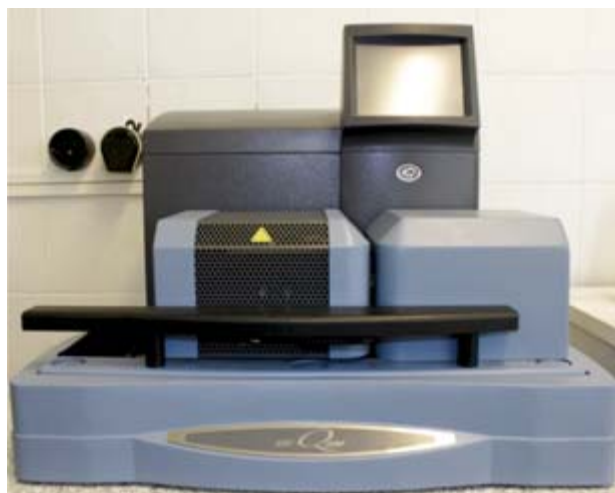


Рис. 5. Прибор SDT-Q600

дильсь на приборе SDT-Q600 (рис. 5) при следующих условиях: в воздушной среде в интервале температур 30–1000 °С со скоростью нагрева 5–20 °С/мин, линейная скорость продувочного газа составляет 100 см³/мин, количество проводимых параллельных испытаний колеблется от трех до пяти в зависимости от специфики исследуемого объекта.

На рис. 6 и 7 представлены результаты исследований образцов бетона на основе цемента М200 и М400, не подвергавшихся предварительному отжигу, полученные методом ТГ-анализа и методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) в диапазоне температур от комнатной до 1000 °С.

Характер полученных кривых (см. рис. 6) свидетельствует о зональном протекании физико-химических процессов в термически не поврежденных при нагревании образцах цементного камня.

На первом и втором этапах происходит испарение воды. При температуре до 100 °С наблюдается значительное высвобождение несвязанной воды, в интервале температур от 100 до 200 °С — отщепление молекул воды, находящейся в виде гидратов неорганических солей, большей частью карбонатов.

На третьем этапе, в интервале 200–400 °С, происходит потеря массы и, как следствие, наблюдается

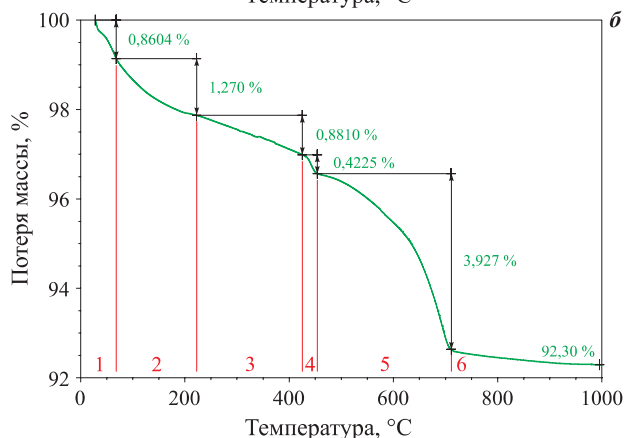
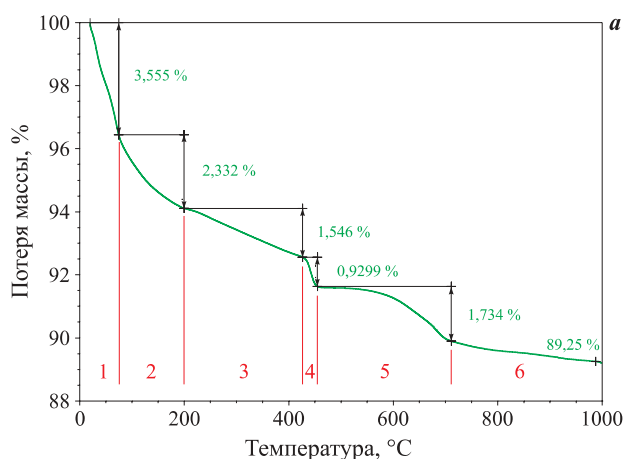


Рис. 6. Результаты ТГ-измерений для образцов цементного камня марок М200 (а) и М400 (б)

постепенное снижение прочности цементного камня (бетона) в значительной степени из-за процессов дегидратации гидроалюминатов, а также распада и перекристаллизации гидросульфалюминатов кальция.

На четвертом этапе, начиная с 410 °С, происходит дегидратация гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

На пятом этапе при 500–600 °С преимущественно идет разложение трехкальциевого силиката, что способствует дальнейшему снижению прочности цементного камня. При температурах 650–700 °С начинается разложение карбонатов.

Методом ДСК можно регистрировать энергию, необходимую для выравнивания температур исследу-

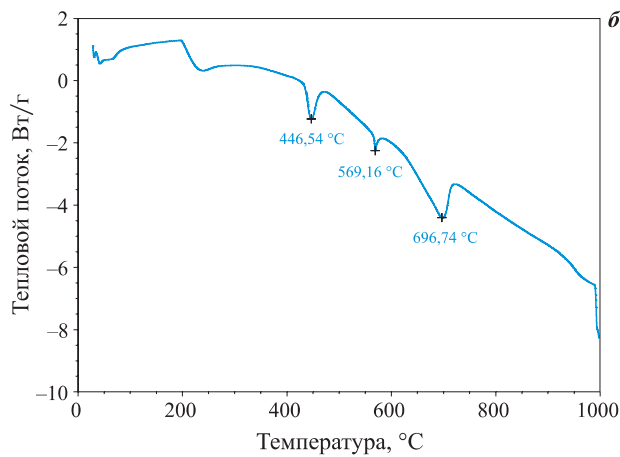
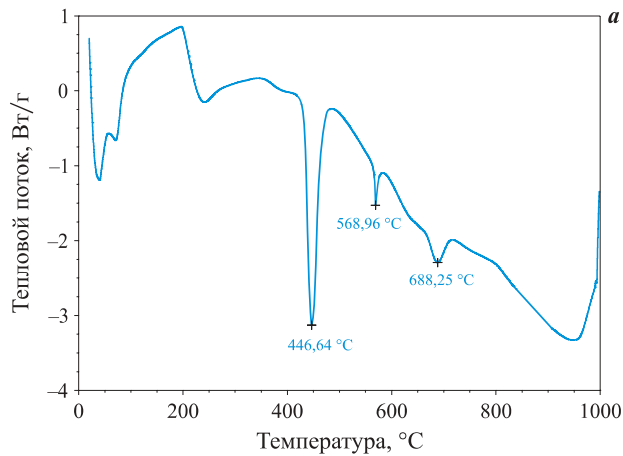


Рис. 7. Результаты ДСК-измерений для образцов цементного камня марок М200 (а) и М400 (б)

дуемого вещества и вещества, используемого в качестве эталона, в зависимости от температуры или времени.

На термограммах (см. рис. 7) зафиксирован эндотермический пик ($T = 569\text{ }^{\circ}\text{C}$), характеризующий структурный переход оксида кремния ($\alpha \rightarrow \beta$). Сравнение термограмм образцов цементного камня марок М200 и М400 показывает не только их сходимость между собой, но и определенные различия. У образцов марки М200 наблюдается большая потеря массы на первом этапе, которую можно объяснить большим количеством цемента в пробах, способным поглощать влагу, а у образцов марки М400 — значительные потери массы на пятом этапе, которые можно объяснить большим содержанием примесей, введенных в состав цемента.

Для оценки влияния температуры и продолжительности теплового воздействия на свойства бетона проведены исследования образцов, отожженных при разных температурах.

Для исследования использовали образцы, отожженные в муфельной печи при температурах от 200 до 1000 $^{\circ}\text{C}$ с интервалом 100 $^{\circ}\text{C}$ в течение 30 мин,

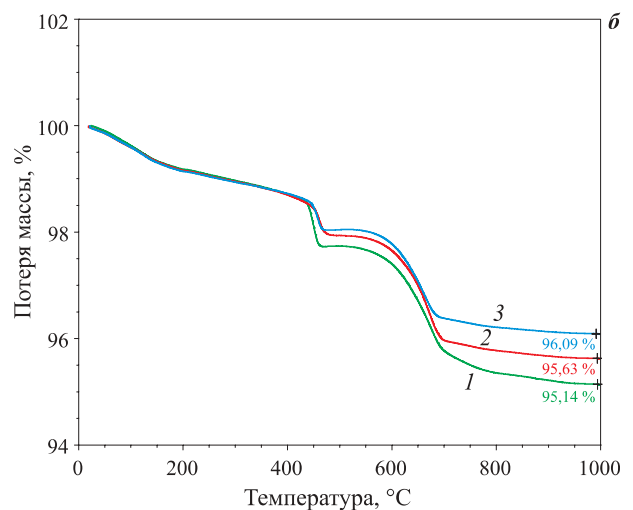
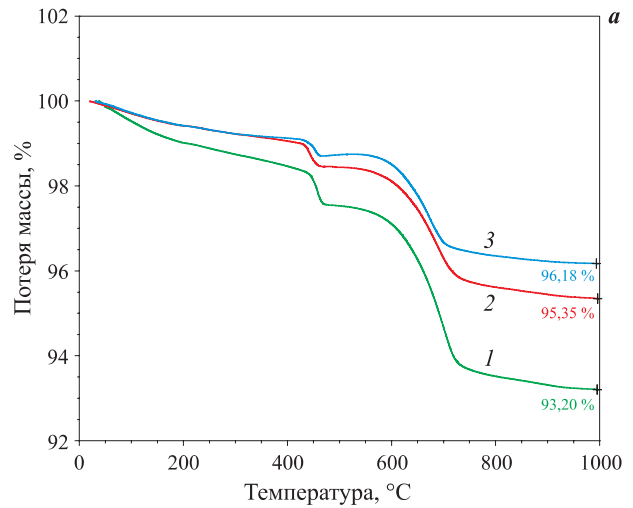


Рис. 8. Результаты ТГ-измерений для образцов, отожженных при 600 $^{\circ}\text{C}$ в течение 15 мин (1), 30 мин (2) и 60 мин (3)

а также образцы, отожженные при 800 $^{\circ}\text{C}$ в течение 15; 30 и 60 мин.

В образцах, отожженных при 200 и 300 $^{\circ}\text{C}$, потеря массы происходит за счет разрушения гидроалюминатов, силикатов, гидроксидов, карбонатов. При этом убыль массы из-за разложения гидратов солей незначительная.

В образцах, подвергавшихся нагреванию при температурах 400–600 $^{\circ}\text{C}$, потеря массы происходит в основном из-за разложения неорганических солей и в меньшей степени — гидроксидов и в результате дегидратации гидроалюминатов.

В образцах, отожженных при 800 и 1000 $^{\circ}\text{C}$, потеря массы сопряжена с разложением карбонатов.

В бетонах на основе цемента М200 и М400, отожженных в течение 30 и 60 мин, наименьшую потерю массы показали образцы, отожженные при 1000 $^{\circ}\text{C}$. Наибольшая потеря массы наблюдается у образцов, подвергавшихся температурному воздействию при 300 $^{\circ}\text{C}$ в течение 30 мин. Сравнив резуль-

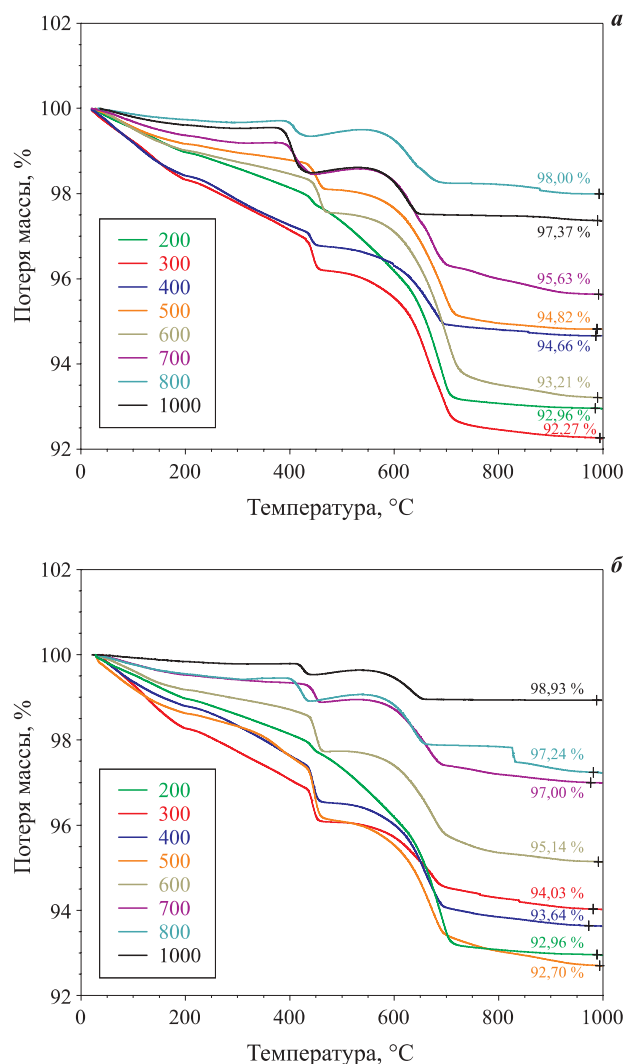


Рис. 9. Результаты ТГ-анализа образцов цементного камня марок М200 (а) и М400 (б) при времени отжига 15 мин

таты исследования методом термогравиметрии, можно сделать вывод, что этот метод подходит для определения температуры и времени температурного воздействия на образцы бетона.

На рис. 8 представлены результаты ТГ-анализа образцов цементного камня марок М200 и М400, отожженных при температуре 600 °C в течение 15; 30 и 60 мин. Конечная масса зафиксирована при 1000 °C.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что чем продолжительнее нагревание, тем в большей степени происходит разложение компонентов цементного камня.

Результаты ТГ-анализа образцов цементного камня, отожженных в течение 15; 30 и 60 мин, представлены на рис. 9–11. Конечная температура образцов при анализе составляет 1000 °C.

В образцах, отожженных при 200 и 300 °C, потеря массы происходит за счет разрушения гидроалюминатов, силикатов, гидроксидов, карбонатов. Вклад гидратов солей при этом незначителен.

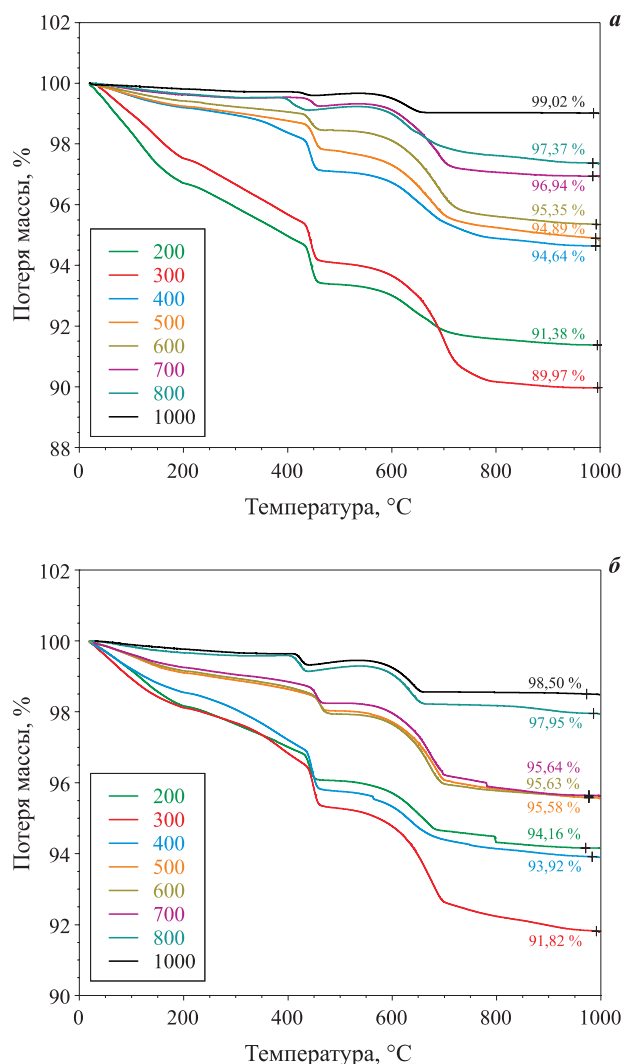


Рис. 10. Результаты ТГ-анализа образцов цементного камня марок М200 (а) и М400 (б) при времени отжига 30 мин

В образцах, отожженных при температурах 400–600 °C, потеря массы происходит в основном из-за разложения неорганических солей и в меньшей степени — гидроксидов и вследствие дегидратации гидроалюминатов.

В образцах, отожженных при 800 и 1000 °C, потеря массы сопряжена с разложением карбонатов.

В пробах цементного камня марок М200 и М400, отожженных в течение 30 и 60 мин, наименьшую потерю массы имеют образцы, отожженные при 1000 °C. Наибольшая потеря массы наблюдается у образцов, подвергавшихся температурному воздействию при 300 °C в течение 30 мин.

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы.

1. Применение молотка Кашкарова, ультразвуковой дефектоскопии и термического анализа позволяет установить факт высокотемпературного воздействия на образцы цементного камня, причем данные экспериментов не противоречат друг другу.

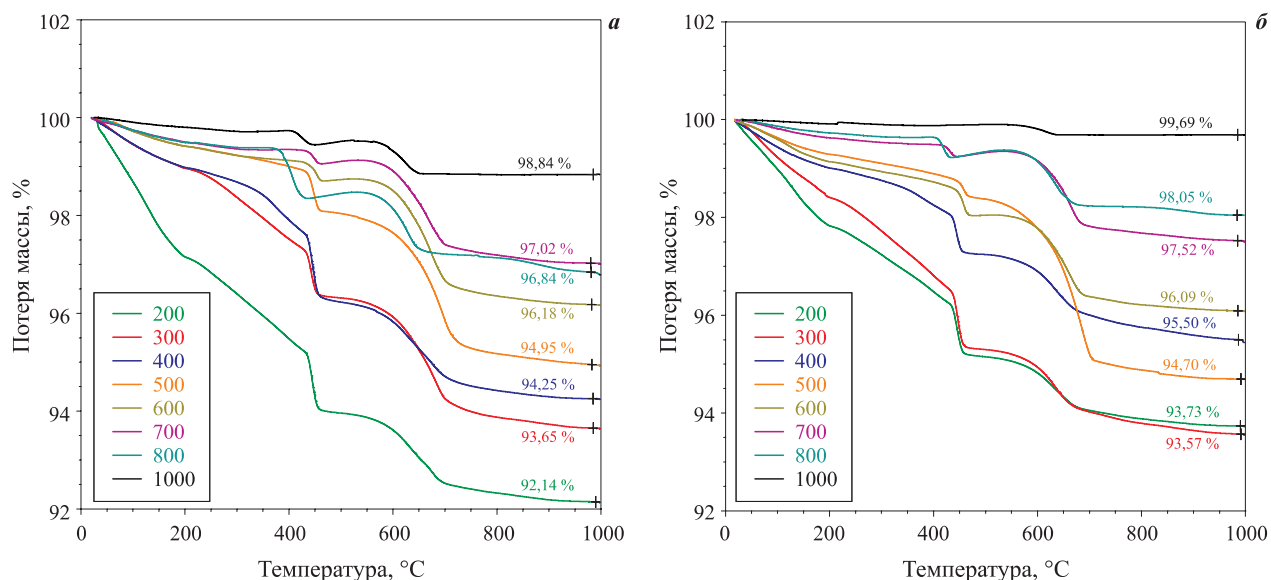


Рис. 11. Результаты ТГ-анализа образцов цементного камня марок М200 (а) и М400 (б) при времени отжига 60 мин

2. Установлена закономерность в изменении свойств цементного камня, которая позволяет дифференцировать степень и продолжительность термического воздействия на образцы; определить соотношение компонентов в системе, начало и степень их разложения, наличие веществ, обладающих огнестойкостью; определить остаточную массу образца в зависимости от времени и температуры прогрева, влияющих на свойства строительных материалов.

3. Установление устойчивых корреляционных связей между структурой цементного камня, его от-

дельными свойствами и условиями теплового воздействия позволит использовать исходные (неотожженные) и обугленные остатки как источник информации при исследовании пожара.

4. Применение метода СТА позволяет установить температуру и продолжительность нагрева, а также степень разрушения бетонов на основе цементного камня после высокотемпературного воздействия.

5. Методом термического анализа возможно исследование микроколичеств веществ, отобранных с места пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по оценке свойств бетона после пожара. — М. : НИИЖБ ИТБ, 1985. — 114 с.
2. Макагонов В. А. Бетон в условиях высокотемпературного нагрева. — М. : Стройиздат, 1979. — 84 с.
3. Ильин Н. А. Техническая экспертиза зданий, поврежденных пожаром. — М. : Стройиздат, 1983. — 200 с.
4. Зернов С. И. Техничко-криминалистическое обеспечение расследования преступлений, сопряженных с пожарами : учебное пособие. — М. : ЭКЦ МВД России, 1996. — 128 с.
5. Чешко И. Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). — СПб. : Санкт-Петербургский институт пожарной безопасности МВД РФ. — СПб., 1997. — 562 с.
6. Луцки В. И., Соболев А. Е., Чурсанов Ю. В. Физико-химические методы анализа : учебное пособие. — 1-е изд. — Тверь : ТГТУ, 2008. — 208 с.
7. Специальные инструментальные методы и средства обеспечения предварительного и экспертного исследования объектов пожарно-технической экспертизы : пособие. — М. : ЭКЦ МВД России, 2005. — 112 с.
8. Альмяшев В. И., Гусаров В. В. Термические методы анализа : учебное пособие. — СПб. : СПбГЭТУ (ЛЭТИ). — СПб., 1999. — С. 32–41.
9. Крикливый С. Ю. Экспертное исследование бетонных строительных конструкций при поисках очага пожара : дис. ... канд. техн. наук. — СПб., 2000. — 166 с.
10. Шестак Я. Теория термического анализа: Физико-химические свойства твердых неорганических веществ / Пер. с англ. — М. : Мир, 1987. — 456 с.
11. Уэндландт У. Термические методы анализа / Пер. с англ. — М. : Мир, 1978. — 527 с.

12. Michael R. Landry. Thermoporometry by differential scanning calorimetry: experimental considerations and applications // *Thermochimica Acta*. — 2005. — Vol. 433, Issue 1-2. — P. 27–50. DOI: 10.1016/j.tca.2005.02.015.
13. Heriberto Pfeiffer. Thermal analysis of the $Mg(OH)_2$ dehydroxylation process at high pressures // *Thermochimica Acta*. — 2011. — Vol. 525, Issue 1-2. — P. 180–182. DOI: 10.1016/j.tca.2011.08.009.
14. Shanath Amarasiri A. Jayaweera, Erich Robensa. Some aspects on the history of thermal analysis // *Annales UMCS Chemia*. — 2012. — Vol. 67, Issue 1-2. — P. 1–29. DOI: 10.2478/v10063-012-0001-x.
15. Шаталова Т. Б., Шляхтин О. А., Веряева Е. А. Термические методы анализа. — М.: МГУ, 2011. — 72 с.
16. Ключников В. Ю., Дашко Л. В., Довбня А. В., Плотникова Г. В. Применение методов термического анализа при производстве пожарно-технических экспертиз // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2012. — Т. 21, № 7. — С. 47–51.
17. Дашко Л. В., Ключников В. Ю., Плотникова Г. В. Использование методов синхронного термического анализа для исследования углей при производстве пожарно-технических экспертиз // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2013. — Т. 22, № 9. — С. 13–18.
18. Дашко А. В., Довбня А. В., Ключников В. Ю., Плотникова Г. В. Применение методов термического анализа при исследовании влияния температуры на фрикционную основу тормозных колодок автомобиля // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2013. — Т. 22, № 6. — С. 68–73.

Материал поступил в редакцию 20 июля 2015 г.

Для цитирования: Дашко Л. В., Синюк В. Д., Плотникова Г. В. Экспертное исследование цементного камня после высокотемпературного воздействия // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2015. — Т. 24, № 11. — С. 22–32. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.12.22-32.

English

EXPERT STUDY OF CEMENT PASTE AFTER EXPOSURE TO HIGH TEMPERATURES

DASHKO L. V., Candidate of Chemical Sciences, Researcher of Scientific-Research Department, Expert-Criminalistic Center of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation (Zoi i Aleksandra Kosmodemyanskikh St., 5, Moscow, 125130, Russian Federation; e-mail address: suthomas@yandex.ru)

SINYUK V. D., Expert of Explosion and Fire Technical Expertise Department of Management of Technical Expertise, Expert-Criminalistic Centre of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation (Zoi i Aleksandra Kosmodemyanskikh St., 5, Moscow, 125130, Russian Federation)

PLOTNIKOVA G. V., Candidate of Chemical Sciences, Docent, Associate Professor of Fire Technical Examination Department, Eastern-Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation (Lermontova St., 110, Irkutsk, 664074, Russian Federation; e-mail address: plotnikovagv@mail.ru)

ABSTRACT

The scientific department of Expert-Criminalistic Center of the Ministry of Internal Affairs of Russia has observed cement bricks after the heat impact in order to evaluate the possibility of usage of thermal analysis to study concretes after the fire accidents.

The samples of M200 and M400 (Russian cement types) cement bricks were prepared for the observation (the river sand was added to the M400 cement mixture). The obtained samples were annealed in the muffle roaster under 200–1000 °C with 100 °C interval for 15, 30 and 60 minutes. These samples were tested with a hammer of Kashkarov. It is discovered, that the changes are not significant at the opening phase with the temperature rising from 200 to 500 °C. However, under the temperature between 500 and 700 °C essential decrease of the samples' resistibility and their destruction afterward are observed. The results of through and dilatational sonic test have similar regularity and prove that the speed of the ultrasonic wave going through the sample decreases with rising of the stone thermal damage. The time of the ultrasonic wave going through the sample depends remarkably on the duration of the annealing process.

The thermally damaged samples of the cement bricks were tested with the SDT-Q600 instrument. The synchronous thermal analysis (STA) provided the temperatures, under which the mass of the samples reduces, defined the processes, going in the studied sample, and the duration of the heat impact.

The result of the current research concludes that the thermal analysis (alternatively to the non-destructive testing and testing by Kashkarov hammer) allows to explore microquantity of the substance, provides the regularity of the cement bricks alternations, which permits to differentiate the level and the duration of the heat impact.

During the expertise of the cement stone, the loss of the remaining mass can be used as the differentiating grade of the material thermal damage.

The appliance of the STA allows to define the different components presence in the system, the beginning and the level of the material decomposing, the remaining mass of the sample depending on the time and temperature of the heat-up. Altogether they influence the constructional materials characteristics.

Keywords: thermal methods of the analysis; thermogravitation measurements; fire; fire investigation; concrete; cement stone; construction design; synchronous thermal analysis; cause of the fire; seat of fire; high-temperature heating.

REFERENCES

1. *Methodical recommendations on evaluation of properties of concrete after fire*. Moscow, Concrete and Reinforced Concrete Research and Technological Institute Publ., 1985. 114 p. (in Russian).
2. Makagonov V. A. *Beton v usloviyakh vysokotemperaturnogo nagreva* [Concrete under high-temperature heating]. Moscow, Stroyizdat, 1979. 84 p.
3. Ilyin N. A. *Tekhnicheskaya ekspertiza zdaniy, povrezhdennykh pozharom* [Technical examination of buildings damaged by fire]. Moscow, Stroyizdat, 1983. 200 p.
4. Zernov S. I. *Tekhniko-kriminalisticheskoye obespecheniye rassledovaniya prestupleniy, sopryazhennykh s pozharami* [Forensic software investigate crimes associated with fires. Training manual]. Moscow, Forensic Science Center of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation Publ., 1996. 128 p.
5. Cheshko I. D. *Ekspertiza pozharov (obyekty, metody, metodiki issledovaniya)* [Fire expertise (objects, methods, research methods)]. Saint Petersburg, Saint Petersburg Institute of Fire Safety of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation Publ., 1997. 562 p.
6. Lutsik V. I., Sobolev A. E., Chursanov Yu. V. *Fiziko-khimicheskiye metody analiza* [Physico-chemical methods of analysis]. Tver, Tver State Technical University Publ., 2008. 208 p.
7. *Special instrumental methods and tools to ensure advanced and expert research objects of fire-technical expertise. Handbook*. Moscow, Forensic Science Center of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation Publ., 2005. 112 p. (in Russian).
8. Almyashev V. I., Gusarov V. V. *Termicheskiye metody analiza* [Thermal methods of analysis]. Saint Petersburg, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI" Publ., 1999, pp. 32–41.
9. Kriklivyy S. Yu. *Ekspertnoye issledovaniye betonnykh stroitelnykh konstruktsey pri poiskakh ochaga pozhara: dis. kand. tekhn. nauk* [Advanced examination of concrete structures in fire. Cand. tech. sci. diss.]. Saint Petersburg, 2000. 166 p.
10. Šesták Jaroslav. *Thermophysical properties of solids. Their measurements and theoretical thermal analysis*. Academia Prague, 1984. 440 p. (Russ. ed.: Shestak Ya. Teoriya termicheskogo analiza: Fiziko-khimicheskiye svoystva tverdykh neorganicheskikh veshchestv [Theory of thermal analysis: Physico-chemical properties of solid inorganic substances]. Moscow, Mir Publ., 1987. 456 p.)
11. Wendlandt Wesley M. *Thermal Methods of Analysis*, 2nd ed. New York, Wiley-Int. Publ. John Wiley & Sons, 1974. 505 p. (Russ. ed.: Wendlandt W. Termicheskiye metody analiza [Thermal methods of analysis]. Moscow, Mir Publ., 1978. 527 p.)
12. Michael R. Landry. Thermoporometry by differential scanning calorimetry: experimental considerations and applications. *Thermochimica Acta*, 2005, vol. 433, issue 1-2, pp. 27–50. DOI: 10.1016/j.tca.2005.02.015.
13. Heriberto Pfeiffer. Thermal analysis of the Mg(OH)₂ dehydroxylation process at high pressures. *Thermochimica Acta*, 2011, vol. 525, issue 1-2, pp. 180–182. DOI: 10.1016/j.tca.2011.08.009.
14. Shanath Amarasiri A. Jayaweera, Erich Robensa. Some aspects on the history of thermal analysis. *Annales UMCS Chemia*, 2012, vol. 67, issue 1-2, pp. 1–29. DOI: 10.2478/v10063-012-0001-x.
15. Shatalova T. B., Shlyakhtin O. A., Varyaeva E. A. *Termicheskiye metody analiza* [Thermal methods of analysis]. Moscow, Moscow State University Publ., 2011. 72 p.

16. Klyuchnikov V. Yu, Dashko L. V., Dovbnya A. V., Plotnikova G. V. Primeneniye metodov termicheskogo analiza pri proizvodstve pozharo-tekhnicheskikh ekspertiz [Application of methods of the thermal analysis in production of fire investigations]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 7, pp. 47–51.
17. Dashko L. V., Klyuchnikov V. Yu, Plotnikova G. V. Ispolzovaniye metodov sinkhronnogo termicheskogo analiza dlya issledovaniya ugley pri proizvodstve pozharo-tekhnicheskikh ekspertiz [Use of methods of simultaneous of thermal analysis for research of coal in production of fire-technical examination]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 9, pp. 13–18.
18. Dashko A. V., Dovbnya A. V., Klyuchnikov V. Yu., Plotnikova G. V. Application of the methods of thermal analysis in the study of the influence of the temperature on the friction basis on the brake of the car. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 6, pp. 68–73.

For citation: Dashko L. V., Sinyuk V. D., Plotnikova G. V. Ekspertnoye issledovaniye tsementnogo kamnya posle vysokotemperaturnogo vozdeystviya [Expert study of cement paste after exposure to high temperatures]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 11, pp. 22–32. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.12.22-32.

ЕВДОКИМОВ В. И., ГОРЯЧКИНА Т. Г., ПОТАШЕВ Д. А.

Пожарная безопасность. Аннотационный указатель отечественных патентов на изобретения. Серия: Полезная библиография / Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А. М. Никифорова МЧС России, СПб. ун-т ГПС МЧС России. — СПб. : Политехника сервис. — Вып. 1 (1994–1999 гг.). — 2013. — 282 с.; Вып. 2 (2000–2004 гг.). — 2013. — 252 с.; Вып. 3 (2005–2009 гг.). — 2014. — 315 с.; вып. 4 (2010–2013 гг.). — 2014. — 344 с.; Вып. 5 (2014 г.). — 2015. — 119 с.

ISBN 978-5-906555-08-3.

Тираж 100 экз. Стоимость 1 комплекта — 1500 руб.



В указателе представлены библиографические данные и рефераты на отечественные патенты на изобретения, зарегистрированные в Федеральной службе по интеллектуальной собственности РФ (Роспатент): вып. 1 — на 741 патент; вып. 2 — на 574 патента; вып. 3 — на 661 патент; вып. 4 — на 716 патентов; вып. 5 — на 246 патентов.

Библиографическое описание патентов приведено по ГОСТ 7.1–2003. Справочный аппарат: нумерационный указатель патентов и алфавитный указатель авторов.

e-mail: 9334616@mail.ru