



Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы
МЧС России

КАФЕДРА КРИМИНАЛИСТИКИ И
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ



РАССЛЕДОВАНИЕ И ЭКСПЕРТИЗА ПОЖАРОВ

Раздел 1. Методика установления очага пожара.

Тема № 4. Лекция. Исследование после пожара
конструкций и изделий из искусственных каменных
материалов



Учебные вопросы:

1. Характер изменений, происходящих с искусственными каменными материалами при термическом воздействии.
2. Визуальные признаки термических поражений искусственных каменных строительных материалов.
3. Инструментальные методы и средства, применяемые для исследования после пожара искусственных каменных строительных материалов.
4. Фиксация остаточных температурных зон на теплоемких конструкциях в пожарно-технической экспертизе.



Основная литература

Расследование пожаров: Учебник / В.С. Артамонов, В.П. Белобратова, Ю.Н. Бельшина и др. Под ред. Г.Н. Кирилова, М.А. Галишева, С.А. Кондратьева. СПб.: СПб Университет ГПС МЧС России, 2007. 544 с.

Дополнительная литература

Расследование пожаров. Методические рекомендации по изучению дисциплины. /Под ред. В.С. Артамонова. СПб.: СПб институт ГПС МЧС России, 2004. 140 с.

Осмотр места пожара: Методическое пособие /И.Д. Чешко, Н. В. Юн, В.Г. Плотников и др. –М.: ВНИИПО, 2004. -503 с.

Нормативно-правовые документы

Уголовный кодекс Российской Федерации. Издание официальное.

Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации. Издание официальное.



- **1. Характер изменений, происходящих с искусственными каменными материалами при термическом воздействии.**



ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

прошедшие
высокотемпературную
обработку путем обжига или
плавления

обжиговые

красный кирпич

черепица

кафельная плитка

тонкая керамика

огнеупоры

плавленные

стекла

изготовленные без
высокотемпературной
обработки

**на основе
неорганических
вяжущих**

гипсовые

известковые

цементные

силикатные

на основе извести



- красный кирпич (применяется для кладки наружных и внутренних стен и фундаментов)
- кровельная черепица (применяется для кладки крыш жилых и производственных помещений)
- плитка кафельная (применяется для облицовки стен, полов и перегородок внутри помещений)
- тонкая керамика (различные изделия хозяйственно-бытового назначения)
- огнеупоры (применяются для футеровки промышленных и бытовых печей)
- стекла, шлакостекла, петростекла



Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
**КАФЕДРА КРИМИНАЛИСТИКИ И ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ
ЭКСПЕРТИЗ**



Материалы, прошедшие высокотемпературную обработку, при вторичном нагреве в ходе пожара практически не меняют своего состава, структуры, свойств и после пожара экспертно-криминалистическому исследованию **не подлежат**



- воздушные вяжущие материалы - гипс, известь (способны после смешивания с водой затвердевать и сохранять довольно долго свою прочность на воздухе)
- гидравлические вяжущие материалы –цементы (при смешивании с водой застывают на воздухе и сохраняют свою прочность на воздухе и в воде)
- силикатный кирпич, газосиликат, пеносиликат (изготавливаются из смеси негашеной извести и кварцевого песка).



Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
**КАФЕДРА КРИМИНАЛИСТИКИ И ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ
ЭКСПЕРТИЗ**



- **Материалы, изготовленные с использованием невысоких температур (не выше температуры перегретого пара) могут быть объектами пожарно-технической экспертизы.**



Цементы - вещества, которые совместно с песком образуют раствор, затвердевающий при взаимодействии с водой

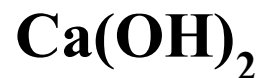
• Основные компоненты цементного клинкера:

силикат кальция	$3\text{CaO}*\text{SiO}_2$	(40-60%)
	$2\text{CaO}*\text{SiO}_2$	(15-35%)
алюминат кальция	$3\text{CaO}*\text{Al}_2\text{O}_3$	(5-15%)
алюмоферрит кальция	$4\text{CaO}*\text{Al}_2\text{O}_3*Fe_2O_3$	(10-15%)



- Затвердевание цемента при смешивании с водой происходит в результате **гидратации**, с образованием кристаллических:

гидроокиси кальция



гидроалюмината кальция

гидроферрита кальция.

силикаты превращаются в коллоидные гидросиликаты кальция, за счет которых осуществляется сцепление массы.



Гашеная известь - гидроксид кальция Ca(OH)_2

Образуется при взаимодействии негашеной извести (оксида кальция CaO) с водой.

Штукатурный раствор – смесь Ca(OH)_2 с песком – содержит избыточное количество воды. Схватывается за счет впитывания воды в пористый кирпич и испарения.

Через годы раствор окончательно затвердевает, взаимодействуя с углекислым газом воздуха с образованием карбоната кальция:





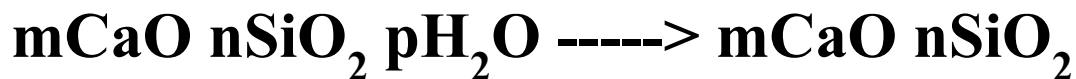
Силикатный (белый) кирпич получают, смешивая негашеную известь с песком (SiO_2) и прессуя в атмосфере насыщенного водяного пара. В результате образуется кальциевый гидросиликат очень близкий к цементному камню.





- При нагревании в ходе пожара кальциевый гидросиликат, основной компонент цементного и известкового камня, постепенно теряет воду, по мере температуры и длительности нагрева.

Процесс потери кристаллизационной воды называется **дегидратацией**.





Следует различать кристаллизационную воду, входящую в состав молекулы гидросиликата и воду «внешнюю», то есть влагу, впитанную в пористую структуру цементного и известкового камня.

Внешняя влага теряется при просушке при температуре около 100 °С

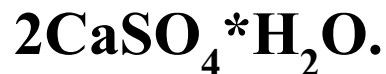
Дегидратация происходит в интервале температур **от 120-150 до 600-700 °С.**



Гипс - сульфат кальция, встречается в природе:
в виде ангидрита CaSO_4
в виде собственно гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



При нагревании до 100-125 °С гипс частично теряет кристаллизационную воду, образуя неустойчивый полугидрат сульфата кальция – **алебастр**



При нагревании выше 200 °С гипс полностью теряет кристаллизационную воду и до температуры 280 °С существует в виде растворимого **γ-ангидрита**, который как и алебастр взаимодействует с водой, образуя гипс.

При нагреве от 300-500 до 1000-1200 °С гипс существует в виде нерастворимого **β-ангидрита**.

При нагреве выше 1000-1200 °С образуется **α-ангидрит** и выделяется некоторое количество СаО.



- **2. Визуальные признаки термических поражений искусственных каменных строительных материалов.**



Химические процессы потери кристаллизационной воды сопровождаются физико-механическими изменениями структуры и свойств материалов.

Изменение цвета бетона

- **нагрев до 300 °С - розоватый оттенок;**
- **400-600 °С - красноватый;**
- **900-1000 °С - бледно-серый.**

Изменение цвета цементно-песчаной штукатурки

- **400-600 °С - розовый оттенок;**
- **800-900 °С - бледно-серый**



Изменение тона звука и механической прочности при простукивании

Определяется простукиванием бетонных и железобетонных конструкций при помощи **молотка Кашкарова**

Неповрежденный бетон имеет тон звука высокий, звонкий. При нагревании бетон разрушается, в нем появляются микротрещины, и тон звука становится глуше.

При нагреве более $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ - часть сечения образца при ударе средней силы откалывается.

При нагреве более $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ - молоток при ударе сминает бетон на поверхности образца.



Отслоение штукатурки

В зоне достаточно длительного и интенсивного нагрева штукатурка отслаивается.

Это не всегда служит показателем экстремально высоких термических поражений.

Гидравлический удар и резкое охлаждение приводят к тому, что штукатурка может отвалиться не там, где была выше температура ее нагрева, а там, куда попала вода из пожарного ствола.

Зоны отслоения штукатурки необходимо фиксировать при осмотре места пожара. Особенно интересны зоны, где штукатурка отслоилась снизу у пола.





Визуальная фиксация трещин на бетоне

300-400 °C



образование микротрещин

> 500 °C



трещины фиксируются
невооруженным глазом
(ширина трещин не менее 0,1 мм.).

600-800 °C



ширина раскрытия трещин
0,5-1,0 мм

700-800 °C



визуально фиксируются разрушения
на бетоне (отслоение защитного слоя
на железобетонных изделиях)



Визуальная фиксация трещин на гипсе

200-300 °С	образование частых волосяных трещин (остаточная прочность 30 % начальной)
600-700 °С	интенсивное раскрытие трещин (остаточная прочность < 20 % начальной)
800-900 °С	разрушение гипсового камня после охлаждения



ОТЛОЖЕНИЯ КОПОТИ

На вертикальных и горизонтальных поверхностях копоть сохраняется только до температуры **600-630 °С**, после чего выгорает. Поэтому ближе к очагу копоти может быть меньше, чем на некотором расстоянии. Над очагом пожара и вторичными очагами копоть часто выгорает локальными пятнами



3. Инструментальные методы и средства, применяемые для исследования после пожара искусственных каменных строительных материалов.



**Инструментальные методы и средства, применяемые для исследования
после пожара неорганических строительных материалов**

**Полевые, используемые
непосредственно на месте пожара
с применением вывозимых
приборов**

**ультразвуковая
дефектоскопия
(УЗД)**

**Лабораторные, применяемые для
исследования в лабораторных
условиях отобранных на пожаре проб**

весовой (тигельный) анализ

**дифференциальный
термический анализ (ДТА)**

**инфракрасная спектроскопия
(ИКС)**

**рентгеноструктурный анализ
(РСА)**



Ультразвуковой метод исследования бетонных изделий

- **Скорость поверхностной ультразвуковой волны в не нагретом бетоне составляет около 2000-2500 м/сек.**
- **Скорость ультразвука в n точке (C_n) является функцией, как температуры, так и длительности нагрева конструкции:**
$$C_n = f(\tau, t)$$

При увеличении и τ , и t , C_n последовательно снижается. Это обстоятельство дает возможность, сравнивая скорость ультразвука на соседних участках стены, плиты, выявлять зоны термических поражений



Недостатки метода УЗД:

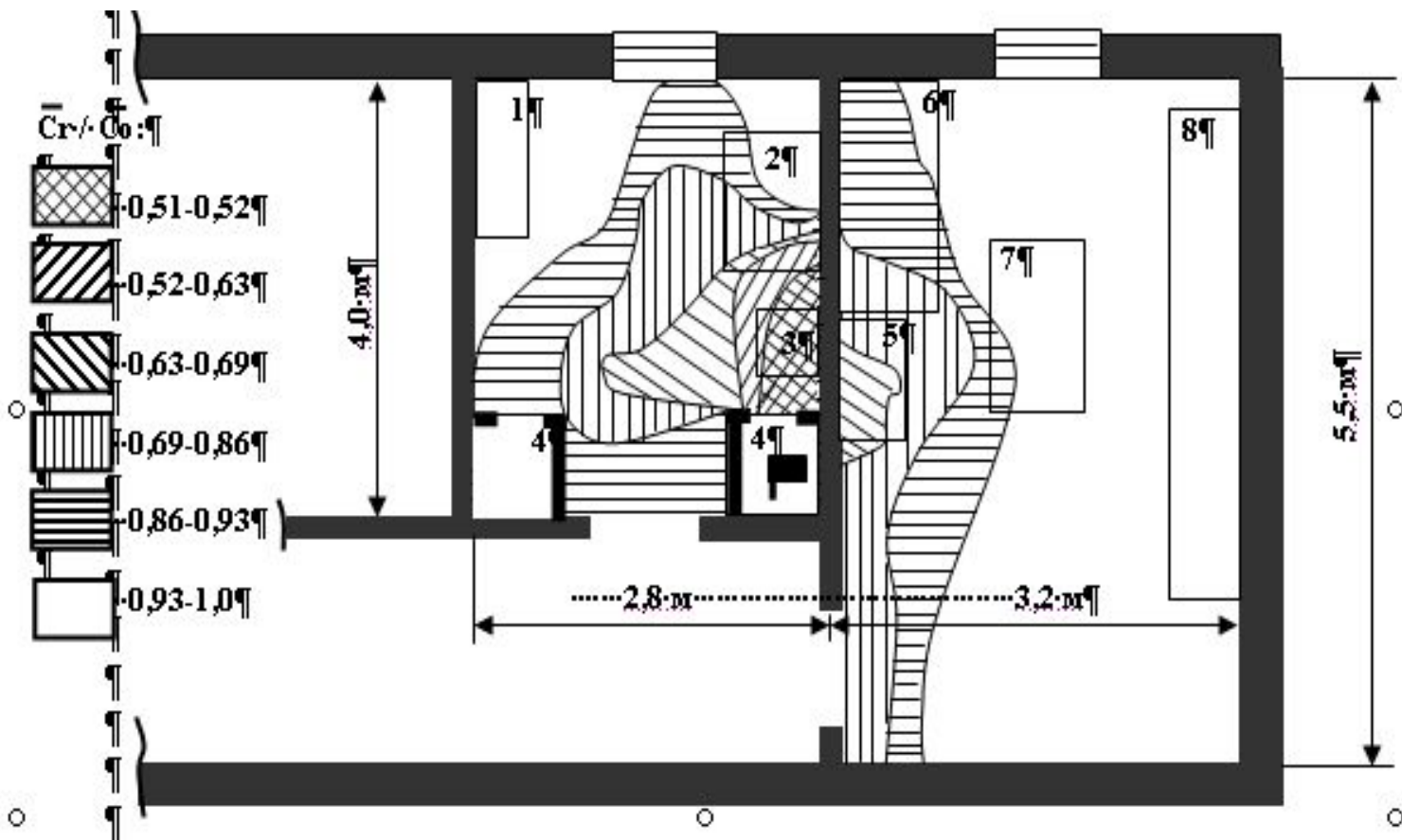
- Метод УЗД относится к сравнительным методам исследования и не определяет конкретных значений температуры и длительности теплового воздействия на бетонную конструкцию, а лишь выявляет зоны относительно больших и меньших термических поражений.
- Информативность метода УЗД ограничена температурным интервалом воздействия на бетонную конструкцию от ≈ 300 °С, когда в бетоне начинают образовываться микротрещины до $\approx 700\div 800$ °С, когда в бетоне фиксируются видимые крупные разрушения.
- Метод ограничивается в применении лишь к относительно равномерным по исходным акустическим характеристикам конструкциям, какими являются, качественные бетонные изделия заводского производства.

C_0 – скорость в точке, не подвергшейся нагреву.

C_r/C_0 - отношение скорости в точке измерения к скорости в зоне, не подвергшейся нагреву.

На плане выделяют зоны с C_r/C_0 в пределах

1,0-0,9; 0,9-0,8; 0,9-0,7; 0,7-0,6 и т.д.





Отбор на месте пожара проб искусственных каменных материалов для лабораторных исследований

- **На исследование отбирают:**
 - пробы бетона и железобетона,
 - пробы силикатного (белого) кирпича,
 - пробы штукатурки, сухой штукатурки (гипсовые плиты),
 - со стен из красного кирпича отбирают пробы кладочного раствора.
- Отбор проб необходимо осуществлять по горизонтальному уровню, расположенному параллельно полу, чтобы места отбора проб находились на одной высоте.
- Пробы отбираются путем скалывания молотком из поверхностного слоя (3-5 мм.), очищенного от остатков краски, мусора, копоти.
- Масса отбираемой пробы ~10 грамм



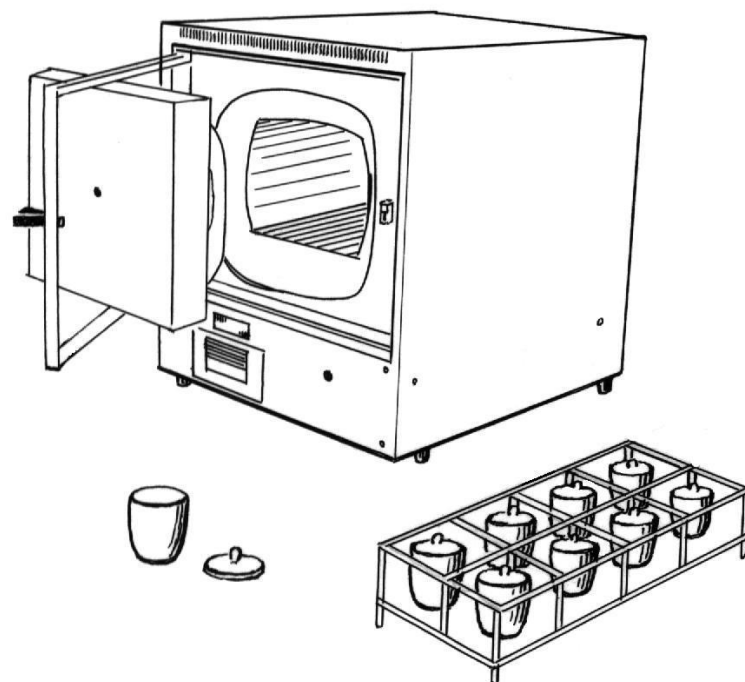
Весовой (тигельный анализ)

M_1 – вес тигля, г

M_2 – навеска образца до нагрева в муфельной печи, г

M_3 – вес тигля с навеской после нагрева в муфельной печи, г

потеря массы образца: $L = [M_2 - (M_3 - M_1)] \cdot 100 / M_2, \% \text{ масс.}$

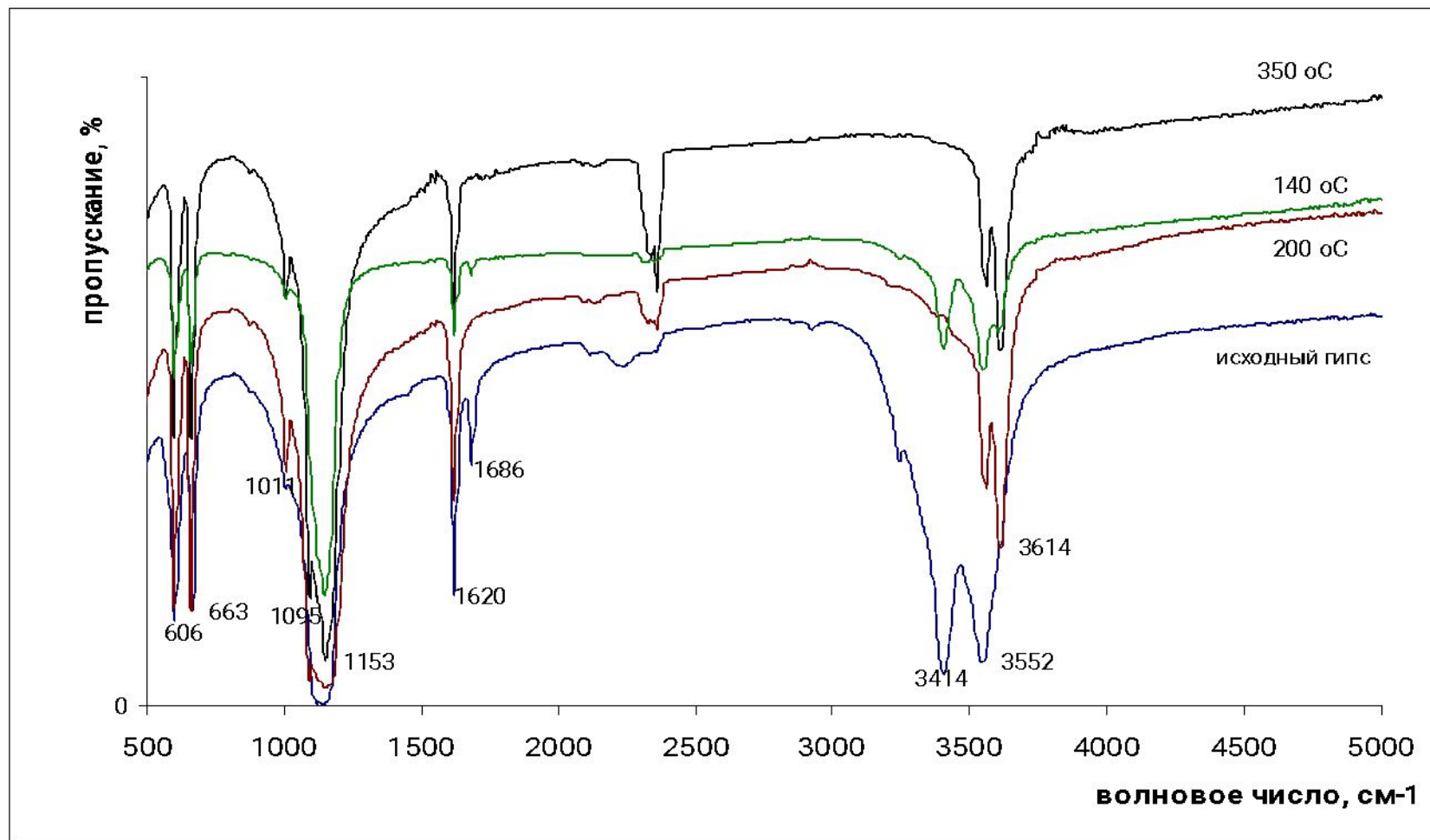




Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
КАФЕДРА КРИМИНАЛИСТИКИ И ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ
ЭКСПЕРТИЗ



НА ИК-СПЕКТРАХ РАЗЛИЧИЯ МЕЖДУ
ОТДЕЛЬНЫМИ ГИДРАТНЫМИ ФОРМАМИ ГИПСА
СТРОГО ВЫРАЖЕНЫ





- **4. Фиксация остаточных температурных зон на теплостойких конструкциях в пожарно-технической экспертизе.**



Распределение остаточных температурных зон на стене, прилегающей к очагу пожара

