



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****



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



- 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

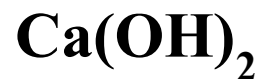
• Основные компоненты цементного клинкера:

силикат кальция	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	(40-60%)
	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	(15-35%)
алюминат кальция	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	(5-15%)
алюмоферрит кальция	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	(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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Образуется при взаимодействии негашеной извести (оксида кальция  $\text{CaO}$ ) с водой.

Штукатурный раствор – смесь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  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:





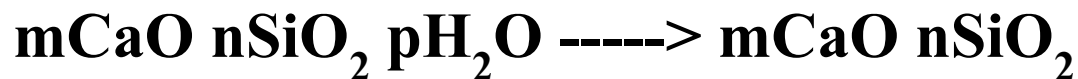
**Силикатный (белый) кирпич** получают, смешивая негашеную известь с песком ( $\text{SiO}_2$ ) и прессуя в атмосфере насыщенного водяного пара. В результате образуется кальциевый гидросиликат очень близкий к цементному камню.





- 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.**

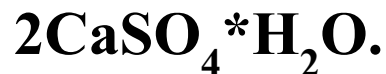


**Гипс** - сульфат кальция, встречается в природе:  
в виде ангидрита  $\text{CaSO}_4$   
в виде собственно гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$





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

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





## ОТЛОЖЕНИЯ КОПОТИ

На вертикальных и горизонтальных поверхностях копоть сохраняется только до температуры **600-630 °C**, 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  $\tau$ , 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:

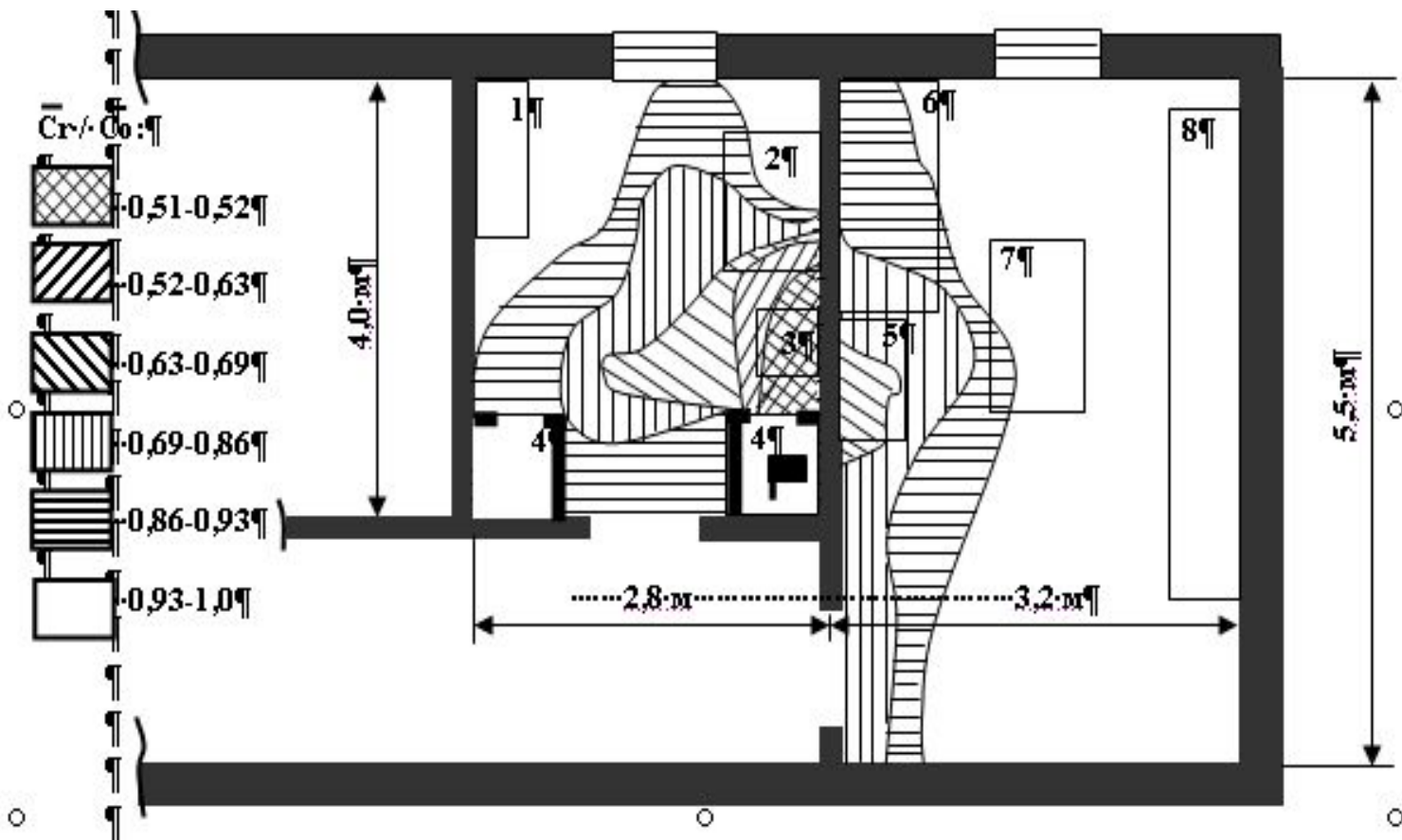
- Метод УЗД относится к сравнительным методам исследования и не определяет конкретных значений температуры и длительности теплового воздействия на бетонную конструкцию, а лишь выявляет зоны относительно больших и меньших термических поражений.
- Информативность метода УЗД ограничена температурным интервалом воздействия на бетонную конструкцию от  $\approx 300$  °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



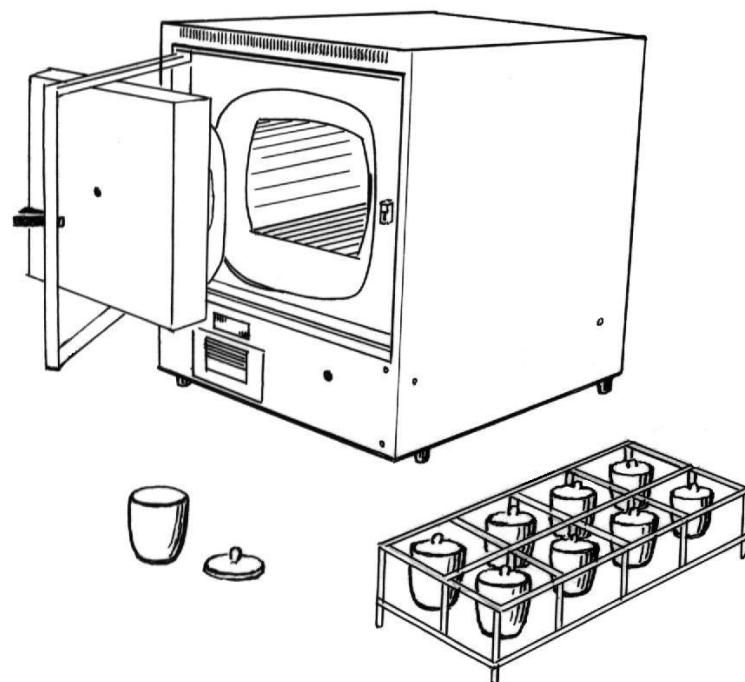
## Весовой (тигельный анализ)

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



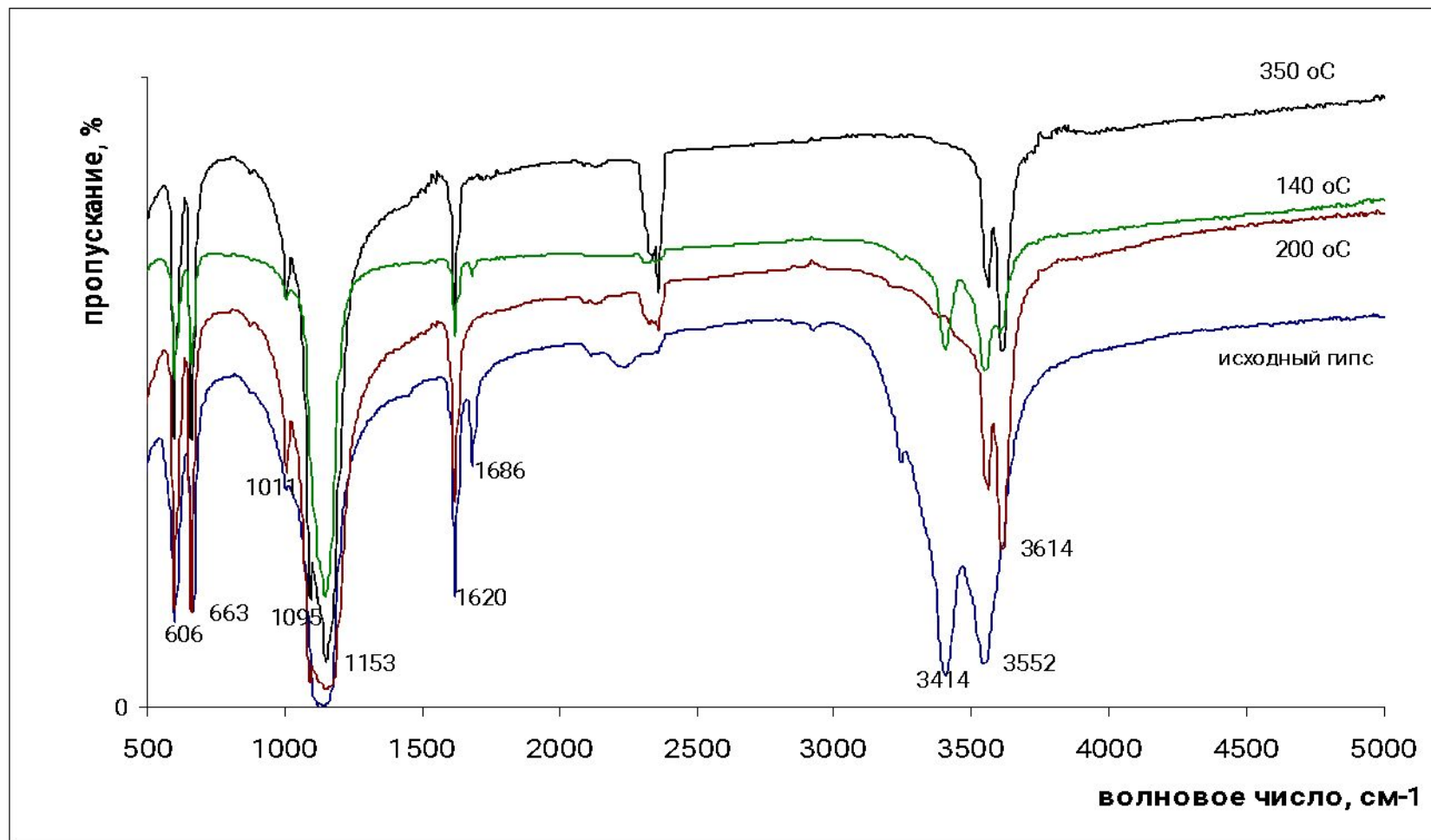




Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
КАФЕДРА КРИМИНАЛИСТИКИ И ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ  
ЭКСПЕРТИЗ



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

