НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР
ИТБ МИНИСТЕРСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА
И ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ПНР

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ СВОЙСТВ БЕТОНА ПОСЛЕ ПОЖАРА

МОСКВА–1985

gost.e-ecolog.ru

Госстрой СССР

Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт бетона и железобетона (НИИЖБ)

Институт строительной техники (ИТБ) Министерства строительства и промышленности строительных материалов ГНР

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ СВОЙСТВ БЕТОНА ПОСЛЕ ПОЖАРА

Утверждены
директором НИИЖБ
30 ноября 1984 г.

МОСКВА 1985

УДК 691.87:693.554

Печатается по решению секции коррозии и спецбетонов НТС НИИЖБ Госстроя СССР от 9 июля 1984 г.

Методические рекомендации по оценке свойств бетона после пожара. М., НИИЖБ Госстроя СССР, 1985, 19 с.

Методические рекомендации содержат основные положения по оценке структуры и физико-механических свойств тяжелого бетона, бетонных и железобетонных конструкций после пожара. Рассмотрены последовательность проведения обследования, операции и приборы для определения температуры нагрева бетона, изменений в его структуре, прочности и деформативности.

Предназначены для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций, органов пожарного надзора при проведении обследований зданий и сооружений после пожара.

© Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт бетона и железобетона (НИИЖБ), 1985

ПРЕДИСЛОВИЕ

Значительная часть убытков от пожаров в жилых, общественных и промышленных зданиях и сооружениях падает на стоимость строительных конструкций, в том числе бетонных и железобетонных.

Эти убытки можно сократить за счет частичного или полного восстановления поврежденных огнем бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений, а также за счет сокращения сроков обследования и ускоренного ввода после пожара промышленных объектов в эксплуата - цию.

Для решения этой проблемы необходимо иметь научно-обоснованные методы оценки прочности, деформативности и структуры бетона после пожара.

Настоящие Методические рекомендации составлены на основании результатов исследований, проведенных в рамках международного сотрудничества советскими и польскими специалистами.

Методические рекомендации разработаны НИИЖБ Госстроя СССР (д-р техн.наук В.В.Жуков, кандидаты техн.наук В.В.Соломонов, З.М.Ларионова, А.А.Гусев, инж. Н.П.Леднева) и Институтом строительной техники ИТБ ПНР (д-р, доц.Р.Кшивоблоцка-Ляуров, мгр. инж. А.Ярмонтович).

Все замечания и предложения по содержанию настоящих Методических рекомендаций просьба направлять в НИИЖБ по адресу: Москва, 109389, 2-я Институтская ул., д.6.

Дирекция НИИЖБ

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. После пожара в зависимости от значения температуры и длительности огневого воздействия бетон изменяет свои прочностные и деформативные свойства, изменяется его структура.

I.2. В настоящих Методических рекомендациях изложены основные положения по оценке свойств бетона после огневого воздействия с учетом изменения и взаимосвязи его физико-механических и физико-химических свойств.

I.3. Оценка состояния бетона после пожара производится представителями проектных институтов (по чьим проектам построены и должны восстанавливаться объекты) совместно с представителями предприятия (цеха), архитекторами, смотрителями зданий, представителями строительно-монтажных организаций с привлечением для сложных и ответственных случаев специалистов из специализированных научно-исследовательских подразделений.

2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОГНЕВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

2.I. Пожары в зданиях и сооружениях характеризуются следующей продолжительностью: в жилых и административных зданиях I–2 ч (температура в очаге пожара I000–II00 °С), в театральных сооружениях и крупных универсальных магазинах 2–3 ч (t = II00–I200 °С), в ряде производственных помещений пожар может длиться до 4–6 ч (t = I200–I400 °С).

2.2. Значение температуры нагрева бетона в сечении бетонных и железобетонных конструкций зависит от температуры в очаге пожара, геометрии элемента, местоположения конструкции по отношению к очагу пожара, а также длительности огневого воздействия.

3. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СВОЙСТВ БЕТОНА ПОСЛЕ ПОЖАРА

3.I. Обследование бетона в бетонных и железобетонных конструкциях после пожара рекомендуется проводить в два этапа: предварительный и детальный.

3.2. Перед предварительным обследованием подробно изучается проектно-техническая документация (рабочие чертежи, результаты статических расчетов, документы на дополнительные строительные работы и т.д.).

3.3. В ходе предварительного обследования составляется перечень конструкций, подвергшихся огневому воздействию, и выявляются конст-

рукции, находящиеся в аварийном состоянии, с целью их ограждения, ограничения действующих на них нагрузок или полного их разрушения; намечаются участки и составляется программа для детального обследования бетона в конструкциях, определяется объем и последовательность подготовительных работ для проведения детального обследования (расчистка завалов, изготовление подмостей, временных опор, устройство дополнительного освещения и т.д.); проводится ориентировочная оценка температуры нагрева бетона в конструкциях и соответственно его остаточная прочность.

3.4. Ориентировочная температура нагрева бетона по сечению бетонного или железобетонного элемента может быть определена косвенным путем в зависимости от длительности пожара и температуры нагрева поверхности бетона, которая устанавливается по его цвету (до 300 °С - естественный, 300-600 °С - от розового до красноватого, 600-900 °С - от темно-серого до темно-желтого, выше 900 °С - желтый), температуры плавления материалов, оказавшихся рядом с поверхностью бетона во время пожара (свинец - 300...350 °С, цинк - 400 °С, алюминий и его сплавы - 650 °С, стекло литое и листовое - 700...800 °С, латунь, бронза, медь - 900...1000 °С, чугун - 1000...1200 °С) и др.

3.5. Во время обследования рекомендуется производить предварительную оценку прочности бетона методом пластической деформации с помощью эталонного молотка Кашкарова (в соответствии с ГОСТ 22690.2-77) или аналогичных инструментов (молотка Физделя, приборов типа ХПС и КМ с шариковым наконечником и др.). Для этого с участка удаляется нарушенный во время пожара бетон и проводится зачистка поверхности.

3.6. Площадь участка испытания должна быть не менее 0,01 м^2. Прочность бетона следует определять в наиболее ответственных сжатых элементах, в зонах наиболее интенсивного огневого воздействия. За исходную прочность может быть принята прочность бетона аналогичных конструкций, расположенных вне зоны пожара или некоторых участков поврежденных огнем конструкций.

3.7. О дефективности структуры бетона после пожара свидетельствует тон звука при простукивании: неплотный бетон издает г л у х о й звук, а при наличии отслоений - дребезжащий. Ненарушенный бетон издает звонкое звучание.

3.8. Главной целью детального обследования бетонных и железобетонных конструкций является уточнение данных (полученных во время предварительного обследования), необходимых для полного восстановления этих конструкций. Более точно, при помощи физико-химических

методов, устанавливаются температура прогрева элементов по сечению и соответственно остаточные прочностные и деформативные характеристики бетона, глубина разрушенного слоя бетона.

3.9. Данные об изменении прочности, начального модуля упругости, коэффициента Пуассона различных видов бетона в зависимости от температуры их нагрева приведены в прил. I–4.

3.I0. Физико-химические анализы применяют в случае, когда невозможно определить температуру нагрева бетона физико-механическими методами.

3.II. Для выполнения физико-химических анализов из поврежденных огнем конструкций следует отобрать пробы бетона массой не м е н е е 500 г (желательно I кг). Пробы отбирают послойно, начиная с поверхности элемента вглубь до неповрежденного огнем слоя. Для всех анализов необходим контрольный образец ненагретого (неповрежденного) бетона.

С каждого участка обследования берут 3 пробы–близнеца, помещают в герметически закрываемые сосуды (бюксы, эксикаторы) и маркируют. Порошкообразные высолы собирают с поверхности бетона в пробирки и маркируют.

3.I2. Физико-химические параметры, используемые в качестве оценочных критериев для бетона, можно условно разделить на три группы в зависимости от места выполнения анализов.

I группа – анализы выполняют на месте пожара по критериям оценки макроструктуры:

сцепление составляющих,

трещиноватость,

оплавленность .

II группа – анализы выполняют в условиях заводской лаборатории по следующим критериям:

продолжительность действия соляной кислоты,

количество гидратной воды.

III группа – анализы выполняют в условиях специализированной лаборатории НИИ по критериям оценки

степени гидратации:

потеря массы по термограммам;

количество клинкерных зерен в шлифах;

минерального состава:

размер линий C_3S и $Ca(OH)_2$ на рентгенограммах;

размер эффектов $Ca(OH)_2$ и $CaCO_3$ на термограммах;

показатель светопреломления цементирующей массы;
микроструктуры:
средняя ширина трещин;
средний размер пор в шлифах;
пористость в шлифах;
поры по данным ртутной порометрии;
микропрочности:
микротвердость цементного камня;
микротвердость заполнителей.

3.13. Предварительный результат получают на месте пожара по визуальному обследованию конструкции и обнаружению на бетоне трещин, отслоений, высолов. В условиях лаборатории бетон оценивают сначала по трем доступным критериям. Например, сцепление составляющих, количество гидратной воды, размер эффектов на термограммах. Далее проводят оценку по остальным критериям. Хорошие показатели дают замеры микротвердости, но они возможны в условиях специализированной лаборатории.

3.14. Температуру нагрева бетона по его макроструктуре устанавливают следующим образом.

С помощью ручной лупы (увеличение в 4 раза и более) или стереоскопического бинокулярного микроскопа МБС-2 (увеличение от 3,5 до 88 раз) в свежем сколе бетона выделяют по цвету и структуре характерные зоны (слои). В каждой зоне определяют сцепление составляющих (наличие или отсутствие зазоров по периметру зерен заполнителей), трещиноватость (наличие, количество, ширина раскрытия, направление распространения трещин), оплавленность (степень заполнения неровностей скола бетона стекловидной массой расплава).

3.15. В условиях заводской лаборатории температуру нагрева бетона устанавливают по продолжительности действия соляной кислоты (HCl) и по количеству гидратной воды.

Одну каплю водного раствора HCl (1:3 по объему) капают на свежий скол бетона и измеряют секундомером продолжительность вспенивания , с , за счет выделения CO_2.

Для определения количества гидратной воды готовят порошковую пробу. Для этого куски бетона измельчают, отбрасывают зерна крупного заполнителя и, по возможности, песка. Цементный камень растирают в порошок, пропускают без остатка через сито 0071 (ГОСТ 3584-73) и высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 °С.

Навеску порошка 1-2 г (m) доводят до постоянной массы (m_1) в сушильном шкафу при 105 °С. Затем эту же навеску нагревают до посто-

янной массы (m_2) в муфельной печи при температуре 800 °С. Количество гидратной воды (ГВ), %, рассчитывают по формуле

$$ГВ = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100 .$$

3.16. В условиях специализированной лаборатории НИИ температуру нагрева бетона устанавливают с помощью специальной аппаратуры путем определения степени гидратации, минерального состава, микроструктуры, микропрочности.

Степень гидратации цементного камня в бетоне оценивают по потере массы на термограммах и по количеству клинкерных зерен в шлифах.

Из порошковой пробы бетона (см. п.3.15 настоящих Методических рекомендаций) берут навески по 1 г и с помощью пирометра (советские пирометры различной конструкции, дериватограф венгерской фирмы МОМ) получают термограммы. По термогравиметрической кривой на термограммах рассчитывают потерю массы навески при 600 и 1000 °С, %, учитывая снижение кривой относительно начальной точки.

Из куска бетона размером 20х20х20 мм готовят прозрачный шлиф. Для этого кусок бетона высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 °С, а затем проваривают на электроплитке или газе в канифоли, разведенной ксилолом или толуолом, при 60–65 °С в течение 4 ч (бетон погружают в пропитывающее вещество лишь наполовину). Затем кусок пропитанного бетона обрабатывают на станке с вращающимся чугунным кругом корундовыми порошками с водой, начиная с крупных (М-180, М-120) и кончая мелкими (М-60, М-20). Доводку поверхности произво - дят на толстом стекле тонкими корундовыми микропорошками (М-14, М-10, М-7, М-5). Кусок бетона наклеивают обработанной поверхностью на матированное (шероховатое) предметное стекло с помощью пихтового бальзама. Далее в такой же последовательности обрабатывают вторую сторону куска, доводя толщину его до 30 мкм. Готовый шлиф накрывают покровным стеклом, приклеивая его пихтовым бальзамом.

Прозрачный шлиф бетона помещают под поляризационный микроскоп (советский микроскоп МИН-8 и др.) с микрометрической окулярной сеткой. По сетке определяют количество квадратов, занятых клинкерными (негидратированными) зернами ($К_1$) и количество квадратов, покрывающих поле зрения шлифа ($К_2$). Количество клинкерных зерен (К), %, рассчитывают по формуле

$$К = \frac{К_1 : 100}{К_2} .$$

Таким способом просчитывают всю площадь шлифа.

3.17. Температуру нагрева бетона по его минеральному составу устанавливают по рентгенограммам, термограммам и по показателю светопреломления цементирующей массы.

Порошковые пробы бетона (см. п.3.15 настоящих Методических рекомендаций) в количестве 3 г каждая смачивают спиртом и набивают стандартную кювету из оргстекла. Кювету помещают в рентгеновский дифрактометр (советские дифрактометры ДРОН-1,5; ДРОН-3 и др.) и получают рентгенограммы. По значениям d (межплоскостное расстояние) и J (интенсивность) линий минералов на рентгенограммах с помощью справочников определяют главные составляющие бетона. Размер линий минералов измеряют, мм, как превышение их над средней линией фона.

По эффектам на дифференциально-термической кривой термограмм (см. п.3.16 настоящих Методических рекомендаций) с помощью справочников выявляют минеральные составляющие бетона. Глубину эффекта измеряют, мм, относительно начальной точки.

Показатель светопреломления цементирующей массы определяют в порошковой пробе бетона (см. п.3.15 настоящих Методических рекомендаций) под поляризационным микроскопом. Для этого 1-2 мг сухого порошка насыпают на предметное стекло, накрывают покровным стеклом, под которое пускают 2 капли иммерсионной жидкости с известным показателем светопреломления (из стандартного набора). Такой микропрепарат помещают под поляризационный микроскоп. На границе раздела цементирующая масса - иммерсионная жидкость имеется светлая полоска. Если показатель светопреломления массы выше, то полоска при подъеме тубуса микроскопа перемещается на массу, если ниже - то на жидкость. Делая микропрепараты последовательно с различными жидкостями из набора, добиваются равенства показателей светопреломления цементирующей массы и жидкости.

3.18. Температуру нагрева бетона по его микроструктуре устанавливают в прозрачных шлифах (см. п.3.16 настоящих Методических рекомендаций) под поляризационным микроскопом при увеличении в 160-480 раз.

При вставленной в окуляр микроскопа измерительной линейке измеряют, мкм, ширину трещин, диаметр пор, включений, скоплений.

При вставленной в окуляр микроскопа микрометрической сетке определяют, %, пористость в шлифах. Пористость считают как количество клинкерных зерен (см. п.3.16 настоящих Методических рекомендаций). Для выявления дифференциальной и интегральной пористости можно применять метод ртутной порометрии и другие методы.

3.19. Температуру нагрева бетона по его микропрочности оценивают замерами микротвердости составляющих (цементный камень, заполнители).

Замеры микротвердости производят на полированных шлифах. Полированный шлиф готовят подобно прозрачному (см. п.3.16 настоящих Методических рекомендаций), но с некоторыми особенностями на начальном и конечном этапах. Берут кусок сухого бетона размером 30х30х30 мм (или больше), проваривают в канифоли, разведенной ксилолом, обрабатывают на станке корундовыми порошками, доводят на стекле порошком-минутником и полируют до зеркального блеска окисью хрома на вращающемся круге, обтянутом сукном. Целесообразно в один исходный кусок склеивать 3-4 кусочка бетона и готовить составной полированный шлиф.

Учитывая ослабленную структуру бетона после пожара, рекомендуется обрабатывать образцы следующим образом:

производить 3-4 кратную пропитку канифолью, разведенной ксилолом или толуолом;

проваривать при температуре не выше 70 °С;

шлифование и полирование осуществлять без воды (на керосине, бензине, спирте).

При этом следует иметь контрольный (ненагретый) образец, также пропитанный канифолью.

Полированный шлиф помещают в микротвердомер ПМТ-3, под микроскопом намечают точку замера, поворачивают шлиф на 90 °, вдавливают в него алмазную пирамиду при пригрузе от 2 до 200 г, возвращают шлиф в исходное положение и замеряют диагональ отпечатка. Микротвердость H_M, МПа, рассчитывают по формуле

$$H_M = \frac{18540P}{d^2},$$

где P - нагрузка на алмазную пирамиду, г; d - длина диагонали отпечатка, мкм.

В каждом шлифе делают по несколько десятков отпечатков, результаты замеров обрабатывают математическим способом.

3.20. При установлении температуры нагрева бетона в процессе пожара в качестве контрольных значений оценочных параметров следует использовать усредненные экспериментальные данные, приведенные в прил.5.

По вертикали перечислены по трем группам критерии оценки бетона, указанные на с. 6-7 настоящих Методических рекомендаций. По горизонтали даны температуры нагрева бетона - 20, 100, 200, 300, 400,

500, 600, 800, 1000 °С. При температурах выше 1000 °С нарушения структуры, как правило, настолько глубокие, что бетон теряет свои технические свойства.

Для большинства критериев оценки бетона представлены пределы цифровых значений, полученные экспериментальным путем. Линии на рентгенограммах измерены, мм. Однако при сравнении рентгенограмм нагретых образцов бетона целесообразно не давать точных данных, а отметить, что размер линий увеличивается (или уменьшается) при повышении температуры нагрева. Глубина эффектов на термограммах сначала измерена, мм, а затем определено, %, относительное уменьшение эффекта (по сравнению с 20 °С) при повышении температуры нагрева бетона.

Приложение I

ИЗМЕНЕНИЕ ПРИЗМЕННОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Вид крупного заполнителя, условия твердения бетона	Нагрузка при нагреве в долях от $R_{пр}$	Значение коэффициента $m_{bt} = R_{прt} / R_{пр}$ в зависимости от температуры нагрева бетона t, °С						
		20	80	120	200	300	400	500
Гранит, нормальные	0	I	0,7	0,7	0,65	0,6	0,4	0,3
	0,3		0,7	0,7	0,75	0,6	0,5	0,35
	0,5		0,7	0,7	0,7	0,6	Бетон разрушился в процессе нагрева или остывания	
Гранит, пропарка	0	I	0,95	0,9	0,9	0,9	0,8	0,55
	0,3		0,95	0,9	0,85	0,85	0,75	0,6
	0,5		0,85	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6
Известняк, пропарка	0	I	0,95	0,9	0,85	0,8	0,6	0,4
	0,3		0,85	0,8	0,75	0,75	0,6	0,4
	0,5		0,85	0,8	0,75	0,75	0,6	0,4

Примечание. При охлаждении бетона водой значения m_{bt} необходимо снизить на 20 %.

Приложение 2

ИЗМЕНЕНИЕ НАЧАЛЬНОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ БЕТОНА

Вид крупного заполнителя, условия твердения бетона	Нагрузка при нагреве в долях от $R_{пр}$	Значение коэффициента $\beta_б = E_{бt} / E_б$ в зависимости от температуры нагрева бетона t, °С						
		20	80	I20	200	300	400	500
Гранит, нормальные	0	I	0,75	0,75	0,55	0,4	0,2	0,I
	0,3		0,75	0,7	0,65	0,5	0,35	0,2
	0,5		0,75	0,65	0,45	0,4	Бетон разрушился в процессе нагрева или остывания	
Гранит, пропарка	0	I	0,95	0,85	0,75	0,55	0,4	0,2
	0,3		0,9	0,85	0,8	0,65	0,5	0,35
	0,5		0,85	0,8	0,75	0,65	0,4	0,3
Известняк, пропарка	0	I	0,9	0,85	0,7	0,55	0,35	0,I5
	0,3		0,9	0,85	0,75	0,6	0,45	0,35
	0,5		0,9	0,85	0,6	0,55	0,45	0,35

Примечание. При охлаждении бетона водой значения $\beta_б$ необходимо снизить на 20 %.

Приложение 3

ЗНАЧЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ $R^{\nu}_{\tau t} / R_{npt}$, ХАРАКТЕРИЗУЮЩЕГО ДЛИТЕЛЬНУЮ ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА, УСЛОВИЙ ЕГО ТВЕРДЕНИЯ, НАГРЕВА И ОСТЫВАНИЯ

Вид бетона	Относительный уровень сжимающих напряжений при нагреве и остывании бетона	Значения $R^{\nu}_{\tau t} / R_{npt}$ для остывшего до 20 °С бетона после его нагрева до температур t, °С					
		20	120	200	300	400	500
Бетон естественного твердения с крупным гранитным заполнителем	0	0,8 / I	0,8 / I	0,55 / 0,7	0,5 / 0,6	0,4 / 0,5	0,35 / 0,4
	0,3		0,6 / 0,75	0,6 / 0,75	0,3 / 0,4	0,3 / 0,4	0,1 / 0,1
	0,5		0,6 / 0,75	0,2 / 0,25	0,1 / 0,1	Структура бетона полностью разрушилась	
То же, пропаренный	0	0,7 / I,0	0,7 / I	0,6 / 0,8	0,5 / 0,7	0,5 / 0,7	0,45 / 0,6
	0,3		0,7 / I,0	0,6 / 0,8	0,5 / 0,7	0,45 / 0,6	0,4 / 0,5
	0,5		0,7 / I	0,55 / 0,8	0,4 / 0,5	0,3 / 0,4	0,1 / 0,1
Пропаренный бетон с крупным известняковым заполнителем	0	0,7 / I,0	0,7 / I,0	0,6 / 0,8	0,5 / 0,7	0,4 / 0,5	0,3 / 0,4
	0,3		0,7 / I,0	0,6 / 0,8	0,5 / 0,7	0,35 / 0,5	0,2 / 0,3
	0,5		0,7 / I,0	0,55 / 0,8	0,4 / 0,5	0,2 / 0,3	Бетон разрушился

Примечания: I. Над чертой приведено абсолютное значение $R^{\nu}_{\tau t} / R_{npt}$, а под чертой – относительное изменение

$$m'_{\delta t} = \frac{R^{\nu}_{\tau t} / R_{npt}}{R^{\nu}_{\tau} / R_{np}} .$$

2. Относительному значению уровня сжимающих напряжений, равному нулю, соответствуют напряжения в самонесущих элементах (перегородках, стеновых панелях).

3. Для учета изменившейся после нагрева и остывания бетона его длительной прочности необходимо расчетные характеристики бетона умножить на $m'_{\delta t}$

Приложение 4

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА μ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА БЕТОНА И УРОВНЯ СЖИМАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Вид крупного заполнителя, условия твердения бетона	Относительный уровень сжимающих напряжений при нагреве и остывании бетона $\sigma/R_{пр}$	Значение коэффициента μ в зависимости от температуры нагрева бетона t, °С						
		20	80	120	200	300	400	500
Гранит, нормальные	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	0,3		0,2	0,25	0,3	0,4	0,35	0,55
	0,5		0,3	0,3	0,45	0,6	Структура бетона полностью разрушилась в процессе нагрева или остывания	
Гранит, пропарка	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,15
	0,3		0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,3
	0,5		0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	Структура бетона полностью разрушилась в процессе нагрева или остывания
Известняк, пропарка	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
	0,3		0,2	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
	0,5		0,25	0,3	0,3	0,4	0,5	Структура бетона полностью разрушилась в процессе нагрева или остывания

ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА БЕТОНА ПРИ ПОЖАРЕ

Температура, °С / Критерии оценки	20	I00	200	300
I	2	3	4	5
Группа I				
Макроструктура:				
Сцепление составляющих	Прочное			Ослаб
Трещиноватость	–	–	–	Малая
Оплавленность	–	–	–	–
Группа II				
Продолжительность действия HCI, с	60	60	50	50
Количество гидратной воды, %	I9-2I	I6-I8	I3-I5	I3-I5
Группа III				
Степень гидратации:				
Потеря массы по термограммам, %, до 600 °С	I6-I8	I3-I5	I3-I5	I0-I2
до I000 °С	24-26	2I-23	I8-20	I5-I7
Количество клинкерных зерен в шлифах, %	75-80	75-80	70-75	65-70
Минеральный состав:				
Размер линий на рентгенограммах, мм				
C_3S – линия с d = I,76 Å	Размер линий на			
$Ca(OH)_2$ – линия с d = 4,9 Å	Размер линий на			
Глубина эффектов на термограммах, %				
эффект при I30-I70 °С	I00	90	80	60
$Ca(OH)_2$ – эффект при 470-490 °С	I00	80	60	30
$CaCO_3$ – эффект при 750-770 °С	I00	90	80	70
Показатель светопреломления цементирующей массы	I,468	–	I,479	–

400	500	600	800	I000	Выше I000
6	7	8	9	I0	II
ленное	Слабое			Очень слабое	
Средняя				Большая	
–	–	–	Слабая	Сильная	
40	40	30	Нет	Нет	Нет
I0-I2	I0-I2	7-9	7-9	4-6	∠5
I0-I2	7-9	7-9	4-6	I-3	∠2
I2-I4	9-II	9-II	6-8	3-5	∠4
65-70	60-65	60-65	55-60	50-55	∠50
рентгенограммах увеличивается					
рентгенограммах уменьшается					
60	50	50	50	40	∠40
I5	I0	Нет	Нет	Нет	Нет
60	50	30	Нет	Нет	Нет
I,492	–	I,567	–	I,627	Выше I,627

I	2	3	4	5
Микроструктура:				
Средняя ширина трещин, мкм	50–I00	I00–I50	I50–200	200–250
Средний размер пор в шлифах, мкм	25–50	50–75	75–I00	I00–I20
Пористость в шлифах, %	I	I	2	2
Поры по данным ртутной порометрии	–	–	–	–
Микропрочность, МПа:				
Микротвердость цементного камня	900–I000	800–900	700–800	600–700
Микротвердость заполнителей:				
кварц	I0000–II000	9000–I0000	8500–9000	8000–8500
гранит	7000–8000	6500–7000	6000–6500	5500–6000
известняк	I500–I700	I300–I500	II00–I300	I000–II00
керамзит	8500–9000	8000–8500	7500–8000	7500–8000

6	7	8	9	I0	I
250–300	300–400	400–500	500–700	700–900	> 900
I20–I50	I50–I80	I80–200	200–250	250–300	>300
3	3	4	4	5	>5
–	Появление пика для пор радиусом				I0–I00 мкм
500–600	400–500	300–400	250–300	200–250	< 200
7500–8000	7000–7500	6500–7000	6000–6500	5500–6000	<5500
5000–5500	4500–5000	4000–4500	3500–3000	3000–3500	<3000
900–I000	800–900	< 700	Нет	Нет	Нет
7000–7500	7000–7500	6500–7000	6500–7000	6000–6500	< 6000

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
I. Общие положения	4
2. Основные параметры огневого воздействия	4
3. Методика оценки свойств бетона после пожара	4
Приложение I. Изменение призменной прочности бетона	II
Приложение 2. Изменение начального модуля упругости бетона ..	I2
Приложение 3. Значения отношения R^{ν}_{rt} / R_{npt}, характеризующего длительную прочность бетона в зависимости от состава тяжелого бетона, условий его твердения, нагрева и остывания	I4
Приложение 4. Значение коэффициента Пуассона μ в зависимости от температуры нагрева бетона и уровня сжимающих напряжений	I5
Приложение 5. Оценка температуры нагрева бетона при пожаре ..	I6

Методические рекомендации по оценке свойств бетона после пожара

Отдел научно-технической информации НИИЖБ
I09389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6

Редактор Т.А.Кириллова

Л- 60I02 Подписано в печать 4.02.85 г. Заказ 225
Формат 60x84/I6 Ротапринт. Уч.изд.л.I,2. Усл.кр.-отт.I,2
Т - 500 экз. Цена I8 коп.

Типография ПЭМ ВНИИИС Госстроя СССР
I2I47I, Москва, Можайское шоссе, д.25

gost.e-ecolog.ru