

ПОВЕДЕНИЕ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Под поведением строительных материалов в условиях пожара понимают комплекс физико-химических превращений, приводящих к изменению состояния и свойств материала под влиянием интенсивного высокотемпературного нагрева.

Особенности поведения любых конструкций при пожаре основываются, в первую очередь, на поведении строительных материалов, из которых они состоят. На рис. 1 показана обобщенная схема, в которой перечислены основные факторы, процессы и последствия, которые могут характеризовать поведение различных материалов в условиях пожара.

Чтобы понять, какие изменения происходят в структуре материала и как меняются его свойства, т. е. как влияют внутренние факторы на поведение материала в условиях пожара, необходимо хорошо знать материал — его происхождение, сущность технологии изготовления, состав, начальную структуру и свойства (рис. 1).

Свойствами, характеризующими поведение строительных материалов в условиях пожара, называют способность материалов реагировать на воздействие внешних и внутренних факторов: силовых, влажностных, температурных и др.

Все свойства материалов взаимосвязаны. Они зависят от вида, состава, строения материала. Ряд из них оказывает более существенное, другие — менее существенное влияние на пожарную опасность и поведение материалов в условиях пожара.

Применительно к изучению и объяснению характера поведения строительных материалов в условиях пожара следует, в качестве основных, выделить физические, механические и теплофизические свойства.

Физические свойства: объемная масса, плотность, пористость, гигроскопичность, водопоглощение, водопроницаемость, парогазопроницаемость.

Механические свойства: прочность и деформативность.

Теплофизические свойства: теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность, тепловое расширение и теплостойкость.

Таблица 1
Числовые значения показателей физических свойств наиболее распространенных строительных материалов

Материал	Объемная масса ρ_0 , кг/м ³	Плотность ρ , кг/м ³	Пористость П, %
Бетоны:			
- ячеистые	500-1200	2500	60-84
- легкие	1200-1800 1800-2500	2600	40-60
- тяжелые		3000	17-40

Бетоны относятся к группе безобжиговых искусственных каменных материалов, получаемых в результате затвердевания смеси вяжущего вещества, воды и заполнителя (мелкого — кварцевого песка и крупного — из горных пород либо отходов промышленности).

Их классифицируют по объемной массе:

- особо тяжелые — объемная масса 2 500 — 6 000 кг/м³ (заполнитель — чугун, свинец), применяют для сооружений биологической защиты;
- тяжелые (обычные) — объемная масса 2 200 — 2 500 кг/м³ (крупный заполнитель из тяжелых горных пород в виде щебня или гравия, мелкий — кварцевый песок), применяют для несущих строительных конструкций;
- облегченные — объемная масса 1 900 — 2 200 кг/м³, применяют для несущих строительных конструкций;
- легкие — объемная масса 1 200 — 1 800 кг/м³ (на легких крупных заполнителях из природных и искусственных каменных материалов и мелкого песка), применяют для несущих и ограждающих конструкций;
- особо легкие — объемная масса 1 200 кг/м³ (без крупного заполнителя), применяют в основном для ограждающих конструкций.

Особо легкие (ячеистые) бетоны получают путем введения в раствор вяжущего пенообразователя (пенобетон) либо газообразователя (газобетон).

После затвердевания бетона определяют класс бетона по прочности (путем механического испытания на сжатие образцов).

Существуют классы бетона по прочности — от В-1 до В-60.

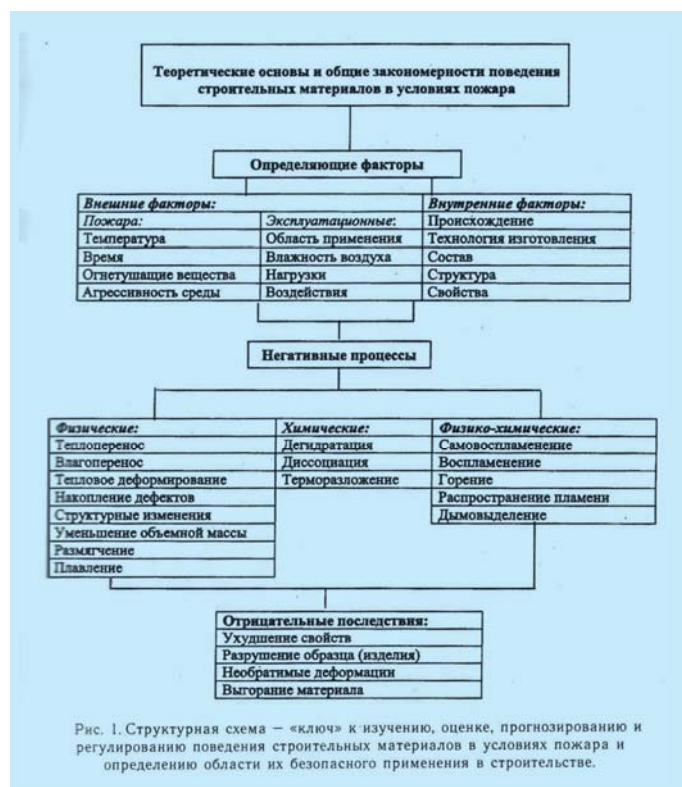
Среднее значение коэффициента теплопроводности тяжелых бетонов — 1,7, легких и ячеистых — 0,16 — 0,64 Вт/м °С.

Бетон применяют при производстве сборных и монолитных железобетонных конструкций.

Железобетон отличается от бетона наличием стальной арматуры, воспринимающей растягивающие усилия от внешних нагрузок, которые бетон не воспринимает, т. к. его прочность при растяжении очень незначительна.

Изучением поведения каменных материалов в условиях пожара занимались в течение нескольких десятилетий многие исследователи нашей страны: М. Я. Ройтман, В. М. Ройтман, Н. И. Зенков, К. Д. Некрасов, А. Ф. Милованов, В. В. Жуков, А. Т. Апостолов, Е. А. Мешалкин, В. Н. Демехин и др.

Характер поведения каменных материалов в условиях пожара в принципе аналогичен для всех материалов, отличаются лишь количественные показатели. Специфические особенности обусловлены действием внутренних факторов, присущих анализируемому мате-



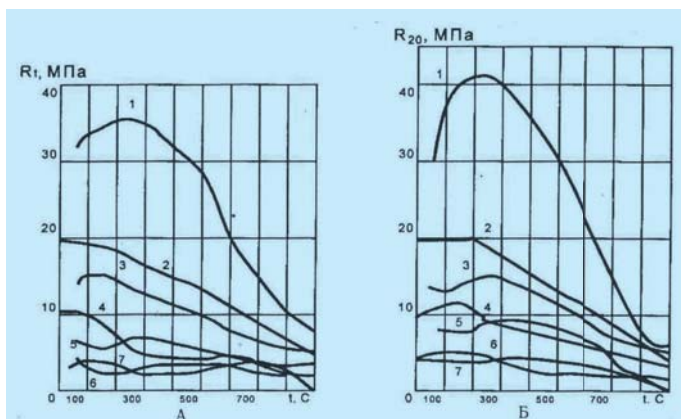


Рис.2 Изменение временного сопротивления сжатию различных видов бетона в нагретом состоянии без нагрузки – А, после нагрева и остывания без нагрузки – Б: 1 – тяжелый бетон; 2 – легкий бетон с заполнителем из шлаковой пемзы; 3 – легкий бетон с заполнителем из керамзитового гравия; 4 – газобетон; 5 – газобетон; 6 – пенокерамзитбетон; 7 – пенобетон с заполнителем из шлаковой пемзы

риалу (при анализе поведения материалов в идентичных условиях действия внешних факторов). Поскольку бетон является композиционным материалом, его поведение при нагреве зависит от поведения цементного камня, заполнителя и их взаимодействия.

Мы рассмотрели в отдельности поведение при нагреве цементного камня и природных каменных материалов, а теперь отметим лишь особенности взаимодействия компонентов бетона при нагреве.

Одна из особенностей — химическое соединение при нагреве до 200°C гидроксида кальция с кремнеземом кварцевого песка (этому способствуют условия, аналогичные тем, что создают в автоклаве для быстрого твердения бетона: повышенное давление, температура, влажность воздуха). В результате такого соединения образуется дополнительное количество гидросиликатов кальция. Кроме того, при этих же условиях происходит дополнительная гидратация клинкерных минералов цементного камня. Все это способствует некоторому повышению прочности (рис. 2, кривая 1).

При нагреве бетона выше 200°C возникают противоположно направленные деформации претерпевающего усадку вяжущего и расширяющегося заполнителя, что снижает прочность бетона (рис. 3) наряду с деструктивными процессами, происходящими в вяжущем и заполнителе.

Расширяющаяся влага при температурах от 20 до 100°C давит на стенки пор, и фазовый переход воды в пар тоже повышает давле-

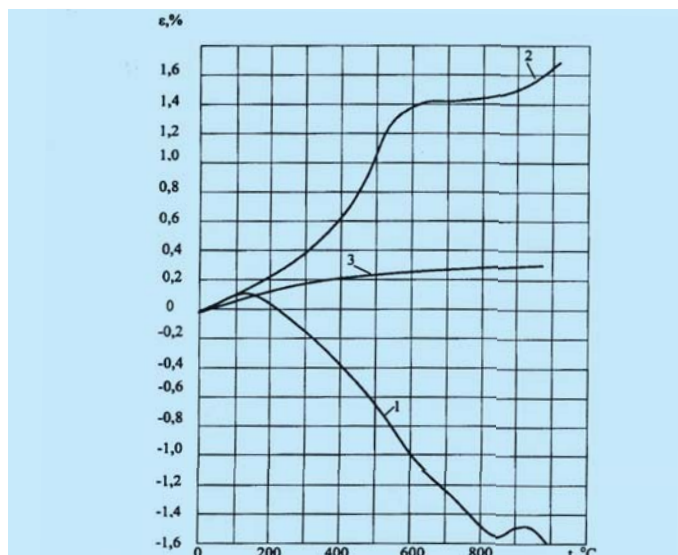


Рис.3 Изменение относительных деформаций компонентов бетона при нагревании в ненагруженном состоянии: 1 – вяжущего цементного камня; 2 – тяжелого заполнителя – гранита (кварцевого песка, песчанника); 3 – легкого заполнителя – шамота (доменного шлака)

ние в порах бетона, что приводит к возникновению напряженного состояния, снижающего его прочность. По мере удаления свободной воды прочность бетона может возрастать (рис. 3). При прогреве образцов бетона, заранее высушенных в сушильном шкафу при температуре $105-110^\circ\text{C}$ до постоянной массы, физически связанная вода отсутствует, поэтому такого резкого снижения прочности в начале нагрева не наблюдается (рис. 3).

При остывании бетонов после нагрева прочность, как правило, практически соответствует прочности при той максимальной температуре, до которой образцы были нагреты. У отдельных видов бетона она при остывании несколько снижается за счет более длительного нахождения материала в нагретом состоянии, что способствовало более глубокому протеканию в нем негативных процессов (рис. 2).

Деформативность бетона по мере прогрева увеличивается за счет увеличения его пластичности (рис. 4).

Мы рассмотрели изменение прочности бетона при нагревании в ненагруженном состоянии, что нехарактерно для работы несущих конструкций. Поэтому, начиная с 70 -х гг. во ВНИИПО МВД РФ

ГАРАНТ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

комплексное обеспечение противопожарной защиты объектов



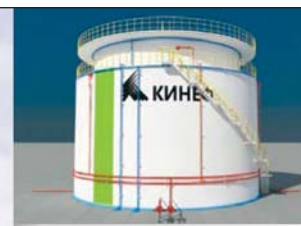
огнезащита



- Разработка Специальных Технических Условий по обеспечению пожарной безопасности, согласование в установленном порядке;
- Разработка мероприятий по обеспечению пожарной безопасности;
- Проектирование, монтаж и обслуживание противопожарных, слаботочных и инженерных систем;
- Проведение огнезащиты металлических, деревянных, железобетонных конструкций;
- Комплексные поставки противопожарного, слаботочного и инженерного оборудования;
- Проведение испытаний противопожарного водопровода, ограждений кровли, пожарных лестниц.

МЫ НЕ ОБЕЩАЕМ, МЫ – ГАРАНТИРУЕМ!

196247, Санкт-Петербург, пл. Конституции, д. 2, оф. 1
 тел./факс: (812) 643-14-20, (812) 643-14-87, тел.: 932-58-54
 e-mail: info@garantpb.ru www.garantpb.ru



МОНТАЖ



ПОСТАВКИ



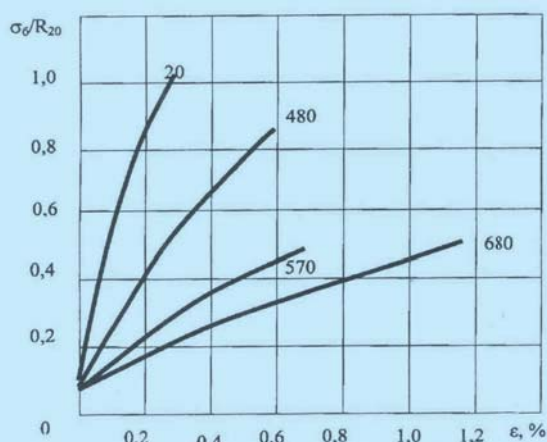


Рис. 4 Диаграмма деформаций тяжелого бетона В60 при нагреве различных температур в ненапряженном состоянии

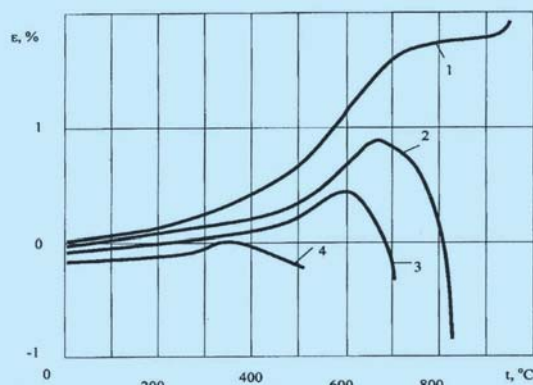


Рис. 5 Изменение относительных деформаций тяжелого бетона класса В30 при нагреве в нагруженном состоянии: — $\gamma_c = 0$; 2 — $\gamma_c = 0,3$; 3 — $\gamma_c = 0,5$; 4 — $\gamma_c = 0,8$

проводят испытания при нагреве нагруженных образцов бетона. При этом измеряют величины относительных суммарных деформаций (свободного расширения и сжатия под действием внешней нагрузки) и температуру (критическую), при которой происходит разрушение (утрата целостности) образца.

Как видно из рис. 5, по мере повышения нагрузки уменьшаются деформации расширения и увеличиваются деформации сжатия, а разрушение (утрата целостности) образцов происходит при меньших температурах и деформациях, чем при малых нагрузках.

По результатам таких испытаний строят графики зависимости температуры (критической), при которой произошла утрата целостности образца, от величины относительной нагрузки на него

при огневом испытании. Строят их в виде, показанном на рис. 6, и называют величину λ_s относительной прочностью либо коэффициентом изменения прочности бетона при нагреве. Эта величина всегда меньше единицы (по физическому смыслу — относительное напряжение от внешней нагрузки). Методика таких испытаний не позволяет зафиксировать увеличение прочности материала в начале нагрева, даже если оно и имеет место. Это видно из рис. 3, 6 — по результатам опытов построено график в диапазоне температур от 550 до 820 °С, т. к. величина относительного напряжения λ_s в опытах изменялась в интервале от 0,3 до 0,7.

Из рис. 6 видно: чем выше относительная нагрузка на образец, тем при меньшей критической температуре он разрушится. По этой зависимости исследователи делают вывод, что с увеличением температуры прочность бетона падает при испытании в напряженном состоянии. Кроме того, строительные конструкции из тяжелого бетона (железобетона) склонны к взрывообразной потере целостности (взрывообразному разрушению) при пожаре. Это явление наблюдается у конструкций, материал которых имеет влажность выше критической величины, при интенсивном подъеме температуры при пожаре. Чем плотнее бетон, ниже его паропроницаемость и больше микропор, тем он более склонен к возникновению такого явления несмотря на более высокую прочность.

Легкие и ячеистые бетоны с объемной массой ниже 1 200 кг/м³ не склонны к взрывообразной потере целостности.

Каменные материалы не горят в условиях пожара, но одни более, другие менее существенно снижают прочность. Поэтому подбор природных или изготовление искусственных каменных материалов с необходимыми свойствами зависит от области их применения в строительстве.

В. Н. ДЕМЕХИН, заместитель генерального директора по науке,
Н. В. ДЕМЕХИН, исполнительный директор.
ООО «Гарант Пожарной Безопасности»

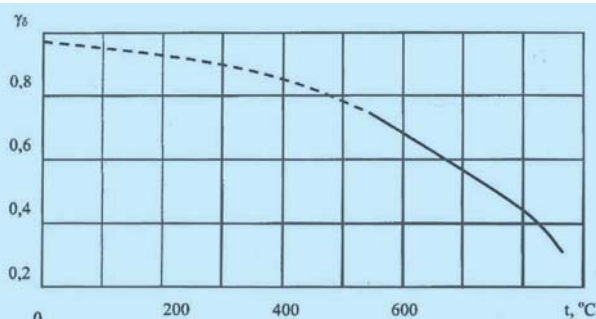


Рис. 6 Изменение относительной прочности тяжелого бетона класса В30 при нагреве в нагруженном состоянии

Новости

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ SOLATUBE® DAYLIGHTING

При проектировании центрального корпуса Сочинской инфекционной больницы была применена технология передачи света по световым каналам Solatube® Daylighting Systems, которая отвечает нормативным требованиям по организации естественной освещенности отдельных зон. Освещение лифтовых зон в проекте центрального корпуса традиционно выполнено с помощью зенитного фонаря общей площадью более 50-ти квадратных метров. Данное техническое решение не позволяет выполнять требования санитарных норм по организации естественной освещенности в лифтовых зонах первого и второго этажей. Для устранения этого недостатка была выполнена установка на первом и втором этажах двух комплектов моделей 330 DS серии SolaMaster® марки Solatube®, имеющих светорассеивающие диффузоры для беспотолочной установки круглой формы (световые каналы проходят через верхние этажи в коробах из огнеупорного материала, в зонах коридоров с отсутствием естественной

освещенности на первом, втором, третьем и четвертом этажах было установлено пять комплектов моделей 290 DS серии Brighten Up марки Solatube®, диффузоры которых выходят из каналов по углом 45°).

Инициатор проекта — ОАО СПК «ГосПроектСтрой». Мотивацией для реализации проекта явилось внедрение новой энергосберегающей технологии в практику строительства многоэтажных объектов социального назначения с целью реализации требований СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение».

Цель применения: повышение уровня психологического комфорта и безопасности пациентов и медицинского персонала.

Основные показатели: установлено 5 комплектов моделей 290 DS серии Brighten Up марки Solatube® и 2 комплекта моделей 330 DS серии SolaMaster® марки Solatube® в предполагаемых зонах эвакуации людей при возникновении чрезвычайной ситуации (лифтовая зона, коридоры). Заказчики проекта — госкорпорация «ОлимпСтрой» и администрация г. Сочи.