

Construction of Unique Buildings and Structures



Огнестойкость железобетонных конструкций: методы испытаний по российским и американским стандартам

М.В. Ананина¹, Д.О. Лепешкина².

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Информация о статье

УДК

История

Подана в редакцию 2 декабря 2014

Ключевые слова

огнестойкость;
железобетонные конструкции;
пожаробезопасность;
методы испытаний;
распространение огня;

АННОТАЦИЯ

При проектировании строительной конструкции необходимо уделять особое внимание правильному определению фактического предела огнестойкости применяемых железобетонных конструкций и установлению возможности дальнейшей эксплуатации конструкций после пожара, также конструкции необходимо испытывать на огнесохранность и предел распространения огня. Оценка огнестойкости строительных конструкций может осуществляться как экспериментальным, так и расчётным путём. В статье дано определение понятия предела огнестойкости, перечислены все основные способы его определения, рассмотрены методы проведения испытаний на оценку предела огнестойкости, соответствующие всем современным российским требованиям и американским требованиям, выявлены основные общие черты и существенные различия. Общий подход в обеих странах одинаковый, однако имеются различия в методологии и константах. Принципиальное различие – нормы проектирования по пределу огнестойкости, из чего следует, что в США акцент ставится на конкретное значение предела огнестойкости для соответствующих конструкций здания и лишь по требуемому значению определяются их минимальные размеры, в России же, напротив, приоритетным является назначение конструкции, по которому определяется требуемый предел огнестойкости. Что касается испытаний, то характерные различия можно выделить в количестве термопар, которые измеряют температуру как в печи, так и на необогреваемой поверхности, в размерах испытываемых образцов, что влияет на точность результатов и измерений. Также стоит заметить отличие в температурном режиме печи, что может говорить о том, что полученный предел огнестойкости одного и того же образца по одному стандарту не будет совпадать с аналогичным – по другому. Стоит отметить, что требования к пределу огнестойкости определенных видов конструкций по стандартам США описаны в методах испытаний, однако при расчетном методе такие требования не указаны. В дополнение, по ASTM образцы могут испытываться с использованием потока воды.

Содержание

1.	Введение	8
2.	Основные особенности оценки огнестойкости	9
3.	Экспериментальные методы определения предела огнестойкости в США и России	10
4.	Заключение	14

¹ Контактный автор:
+7(981)6934344, mariyaananina@yandex.ru (Ананина Мария Владимировна, студент)
² +79516702564, ldasha239@mail.ru (Лепешкина Дарья Олеговна, студент)

1. Введение

Из года в год количество пожаров увеличивается примерно пропорционально росту средств, затраченных на капитальное строительство. По статистическим данным пожары возникают с установившейся частотой. Так, например, по данным для Великобритании вероятность возникновения пожара составляет: в увеселительных зданиях и сооружениях — 12%; на промышленных объектах — 4%; в клубах и гостиницах — 3,7%; в хранилищах — 0,8% и в жилых зданиях — 0,3% [20,25].

Статистика пожаров в РФ за 2013 год (по данным МЧС):

Пожарами уничтожено: 35 910 строений.

Пожарами повреждено: 91 609 строений.

Основные объекты:

- жилой сектор (жилые дома, общежития, дачи, садовые домики, надворные постройки и т.п.) – 104 296 пожаров, прямой материальный ущерб – 4 243 026 000 рублей;
- склады, базы и торговые помещения – 4 565 пожаров, прямой материальный ущерб – 3 205 341 000 рублей;
- производственные здания и складские помещения производственных предприятий – 3 440 пожаров, прямой материальный ущерб – 1 999 824 000 рублей;
- административно-общественные здания – 3 025 пожаров, прямой материальный ущерб – 523 233 000 рублей;
- сельскохозяйственные объекты – 3 075 пожаров, прямой материальный ущерб – 713 420 000 рублей;
- сооружения, установки – 1 113 пожаров, прямой материальный ущерб – 249 599 000 рублей;
- строящиеся объекты – 981 пожаров, прямой материальный ущерб – 262 549 000 рублей [12,26].

Убытки от разрушения зданий во время пожара составляют примерно 15—18% общих потерь. При пожарах в жилых и административных зданиях температура в помещении поднимается до 1000—1100°C при продолжительности пожара 1—2 ч. В театральных зданиях и в больших магазинах пожары длительностью в 2—3 ч повышают температуру в помещении до 1100—1200°C [10]. Наиболее сильные пожары происходят в промышленных зданиях и сооружениях, сопровождаясь большими разрушениями конструкций и оборудования. В промышленных и складских зданиях при горении жидкостей и пенопластов температура достигает 1200°C, а при горении сжиженных газов температура поднимается до 1600°C [18].

Температура нагрева поверхности бетона в конструкции зависит от температуры огня и расположения места горения. При постоянно увеличивающемся количестве пожаров необходимо особое внимание уделять правильному определению фактического предела огнестойкости применяемых железобетонных конструкций и установлению возможности дальнейшей эксплуатации конструкций после пожара [5,7,20].

В каждой стране оценка огнестойкости осуществляется по своим уникальным стандартам:

- В России – СТ СЭВ 383, ГОСТ 30247.1-94, ГОСТ 30247.0, СНиП 2.01.02-85, СТ СЭВ 1000-78;
- В ЕС – EN 1991-2 и различные национальные приложения к нему;
- США – ACI 216.1, ASTM 119.

Последние десятилетия 20го века характеризовались стремительным процессом глобализации мировой экономики. Была затронута и область строительства. Выразилось это, в первую очередь, в гармонизации норм проектирования конструкций, унификации стандартов на строительные материалы и изделия и методов их испытаний. Конечной целью гармонизации является создание единых унифицированных мировых стандартов. Для этого в 1994 году был сформирован международный комитет (ICCMC) по созданию модельных (образцовых) норм [27].

В данной статье мы ограничимся лишь рассмотрением методов определения огнестойкости в России и США.

Цель работы – сравнить методы испытаний на определение предела огнестойкости железобетонных конструкций, освещенные в стандартах России (СНиП 21-01) и США (ACI 216.1).

2. Основные особенности оценки огнестойкости

Рассмотрим понятие огнестойкости, описанное в русских и американских стандартах (Таблица 1).

Таблица 1. Основы определения огнестойкости. Сравнение стандартов

Русские	Americanstan	Американские (краткий перевод)
Понятие огнестойкости		
<p>Согласно СНиП 21-01 строительные конструкции характеризуются огнестойкостью. Показателем огнестойкости является предел огнестойкости. Предел огнестойкости устанавливается по времени в минутах наступления одного или последовательно нескольких, нормируемых для данной конструкции, признаков предельных состояний:</p> <ul style="list-style-type: none"> • потери несущей способности R (обрушение конструкции или возникновение недопустимых деформаций); • потери теплоизолирующей способности I (повышение температуры на неотапливаемой поверхности в среднем более чем на 160°C или в любой точке этой поверхности более чем на 190°C по сравнению с температурой конструкции до испытания или более 220°C независимо от температуры конструкции до испытания); • потери целостности E в результате образования в конструкции сквозных трещин или отверстий, через которые на неотапливаемую поверхность проникают продукты горения или пламя [11,13,24]. 	<p>Per ACI 216.1 Standard method for determining fire resistance of concrete and masonry construction assemblies: Fire endurance—A measure of the elapsed time during which a material or assembly continues to exhibit fire resistance under specified conditions of test and performance; as applied to elements of buildings, it shall be measured by the methods and to the criteria defined in ASTM E 119. Fire resistance—The property of a material or assembly to withstand fire or to give protection from it; as applied to elements of buildings, it is characterized by the ability to confine a fire or to continue to perform a given structural function, or both [1, 2, 3, 4, 7]. Fire testing of wall assemblies in accordance with ASTM E 119 defines four performance criteria that must be met:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistance to the transmission of heat through the wall assembly; • Resistance to the passage of hot gases or flame through the assembly sufficient to ignite cotton waste on the non-exposed side; • Loss of load-carrying capacity of load-bearing walls; • Resistance to the impact, erosion, and cooling effects of a hose stream on the assembly after exposure to fire [1, 2, 5]. 	<p>Согласно ACI 216.1: Огнестойкость – время, в течение которого материалов или их совокупность продолжает выдерживать воздействие огня в определенных условиях теста или испытания. Пожароустойчивость – способность материалов или их совокупности сопротивляться огню или давать защиту от него; конструкции здания характеризуются способностью ограждать от огня или продолжать нести функциональные нагрузки или оба. Согласно ASTM E 119 испытания на огнестойкость должны определять соответствие конструкций следующим критериям:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Сопротивление проникновения тепла сквозь конструкции • Сопротивление проникновению прямого огня и горячих газов сквозь конструкцию, достаточных для воспламенения хлопкового тампона на неотапливаемой поверхности • Отсутствие потерь несущей способности • Сопротивление проникновению, эрозии и выхолаживанию от напора воды, направленному на конструкцию после испытаний.
<p>За предел огнестойкости железобетонных конструкций принимают время в минутах от начала огневого стандартного воздействия до возникновения одного из предельных состояний по огнестойкости [10,13,24].</p>		
Предел огнестойкости железобетонных конструкций		
<p>Приводятся основные требования предела огнестойкости для конструкций по</p>	<p>Приводятся минимальные размеры сечений конструкций в зависимости от заполнителя и</p>	

пределным состояниям. См. Приложение 1: Таблицы 3.	предела огнестойкости. См. Приложение 1: Таблица 4	
Способы определения предела огнестойкости конструкции		
Оценка огнестойкости строительных конструкций может осуществляться как экспериментальным, так и расчётным путём [28]. Экспериментальный метод предполагает испытание конструкции в натуральную величину на огневых установках, снабжённых нагружающими и измерительными устройствами. Обобщение большого числа огневых испытаний дало возможность составить каталоги справочных данных для оценки огнестойкости наиболее распространённых типов конструкций [10,11,24,25].	<p>Fire resistance determinations</p> <p><u>Qualification by testing</u>— materials and assembly of materials of construction tested in accordance with the requirements set forth in ASTM E 119 shall be rated for fire resistance in accordance with the results and conditions of such tests.</p> <p><u>Calculated fire resistance</u>— the fire resistance associated with an element or assembly shall be deemed acceptable when established by the calculation procedures in this standard or when established [4, 6].</p> <p><u>Approval through past performance</u>— the provisions of this standard are not intended to prevent the application of fire ratings to elements and assemblies that have been applied in the past and have been proven through performance.</p> <p><u>Engineered analysis</u>— the provisions of this standard are not intended to prevent the application of new and emerging technology for predicting the life safety and property protection implications of buildings and structures [1,2,3].</p>	Огнестойкость определяется: 1. Посредством испытаний; 2. Расчётным методом; 3. Согласно одобренным прошлых испытаний; 4. Путём инженерного анализа.

Вывод:

Таким образом, общий подход в обеих странах одинаковый, однако имеются различия в методологии и константах. Принципиальное различие – нормы проектирования по пределу огнестойкости, из чего следует, что в США акцент ставится на конкретное значение предела огнестойкости для соответствующих конструкций здания и лишь по требуемому значению определяются их минимальные размеры, в России же, напротив, приоритетным является назначение конструкции, по которому определяется требуемый предел огнестойкости.

3. Экспериментальные методы определения предела огнестойкости в США и России

Экспериментальные методы позволяют дать прямую оценку огнестойкости строительной конструкции, но при этом требуют весьма значительных материальных, финансовых и трудовых затрат, занимают много времени (Таблица 2). Кроме того, в рамках физического эксперимента затруднительно или невозможно в необходимой степени варьировать различные параметры конструкций, нагрузок и других важных факторов. Однако результаты экспериментальных и теоретических исследований, посвященных вопросам огнестойкости строительных конструкций и конструктивно-планировочным решениям в области противопожарной защиты зданий и сооружений, находят все большее отражение в нормативных документах. Выполнение требований, содержащихся в этих документах, является основой внедрения рациональных и эффективных решений по противопожарной защите зданий и сооружений.

Таблица 2. Экспериментальный метод определения предела огнестойкости [1,2,11,22,23,24]

Температура окружающей среды	
20±10 градусов (измеряют на расстоянии (1±0,5) м от поверхности образца)	10-32 град
Скорость движения воздуха	

Не более 0,5 м/с	Не более 1,3 м/с (определяется анемометром, установленным под прямым углом к необогреваемой поверхности)
Относительная Влажность образцов	
60±10% Для получения динамически уравновешенной влажности допускается естественная или искусственная сушка образцов при температуре воздуха, не превышающей 60 С °.	Такие же условия, как и в конструкции сооружения 1. Высыхание в окр. атмосфере при 50% влажности и температуре в 73F (22,78С); 2. Высыхание образца в окр. атмосфере в части на глубине 152 мм должно быть в диапазоне от 50 до 75% при температуре 23±3 градуса; 3. Если условия эксплуатации значительно отличаются, то образцы освобождаются от данных требований, а прочность должна быть равна по крайней мере его проектной прочности.
Температура в печи	
При испытаниях конструкции в печи должен быть обеспечен температурный режим, отвечающий условию $T_t - T_0 = 345 \log_{10}(8t + 1)$ (1) где t - время, исчисляемое от начала испытания, мин; Tt - температура в печи, соответствующая времени t, К; T0 - температура в печи до начала теплового воздействия (принимается равной температуре окружающей среды), К. Приложение 2: Таблица	Приложение 2: Рисунок 1, Таблица 5.
Измерение температуры в печах	
Не менее 5 термодатчиков, на каждые 1,5м2 перекрытия или стены, на каждые 0,5м балки или колонны – 1 термодатчик рис. 1 Показания снимаются не реже чем раз в 60с.	Не менее 9 термодатчиков. Для перекрытий и колонн должны быть расположены на расстоянии 305мм от обогреваемой поверхности в начале теста, и не должны касаться образца в процессе испытаний. Для стен и перегородок термодатчики должны быть расположены на расстоянии 152 мм от обогреваемой поверхности. Показания должны сниматься интервалами, не превышающими 5 мин первые 2 часа и после не более 10 мин.
Температура на необогреваемой поверхности	
5 термодатчиков диаметром 0,75 мм, одна в центре, остальные в середине прямых, соединяющих центр и углы. Доп. Места располагаются симметрично. Не ближе чем на расстоянии 100 мм от края образца. Если конструкция из нескольких элементов, то термодатчики не должны находиться на стыковых соединениях. Термодатчики устанавливаются помимо всего в тех местах, где ожидается максимальная температура (При определении средней температуры поверхности эти точки в расчет не принимают.)	9 точек. Термодатчики должны контактировать с образцом на расстоянии 89мм. Диаметр 8 мм. Термометры погружают на 75 мм: 5 – симметрично расположены, 1 – в центре, 4 так чтобы получить «представительную» информацию в процессе испытаний. Термодатчики устанавливаются на расстоянии от края образца не ближе чем 1-1,5 его толщины или не ближе 305мм. Не располагаются на противоположной или верхней стороне балки, фермы, ригеля.
Снятие показаний с термометра	
Показания снимаются не реже чем раз в 60с.	Показания снимаются через не более чем 15-минутные интервалы до достижения 100С, затем не реже чем раз в 5 минут.

Несущие стены и перегородки и Ненесущие стены и перегородки	
Размеры	
3x3м, образцы наружных стен испытывают при воздействии тепла со стороны, обращенной при эксплуатации к помещению.	Площадь, которая подвержена воздействию, не меньше 9м ² , с размерами образца не менее 2,7м.
Нагрузки	
Распределение нагрузок и опирание образцов как предусмотрено в проекте. Нагрузка устанавливается не менее чем за 30 мин до начала испытаний и поддерживается до конца испытаний.	В течение испытаний применяют накладываемые нагрузки на образец, моделирующие максимальные условия воздействия.
Условия принятия испытаний	
<p>Для определения потери целостности используют тампон из хлопка или ваты. Тампон изготавливают из новых, некрашенных натуральных мягких волокон. Размер тампона должен составлять примерно 100x100x20 мм, масса - (3-4) г. До использования тампон в течении 24 часов выдерживают в сушильном шкафу при температуре (105±5)°С. Из сушильного шкафа тампон вынимают не ранее чем за 30 мин до начала испытания.</p> <p>Тампон помещают в металлическую рамку, имеющую ручку с держателем, и располагают в местах, где ожидается проникновение пламени или продуктов горения и в течении 10 с держат на расстоянии (20-25) мин от щели или отверстия. Время от начала испытания до воспламенения или возникновения тления со свечением тампона считают пределом огнестойкости конструкции. Обугливание тампона, происходящее без воспламенения или без тления со свечением, не учитывают.</p> <p>Потеря теплоизолирующей способности (I) вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на 140°С или в любой точке этой поверхности более чем на 180°С в сравнении с температурой конструкции до испытания или более 220°С независимо от температуры конструкции до испытания.</p> <p>Для изгибаемых конструкций следует считать, что предельное состояние наступило, если:</p> <ul style="list-style-type: none"> - прогиб достиг величины L/20 или - скорость нарастания деформаций достигла $L^2 / (9000 h)(2)$ <p>где L - пролет, см; h - расчетная высота сечения конструкции, см.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Образец должен выдержать нагрузку в течении испытаний без прохождения огня или горячих газов, достаточных поджечь паклю в период, нормированный его классификацией; 2. Передача тепла через стену или ее часть в течении испытаний не должна быть такой, чтобы температура на необогреваемой поверхности превышала первоначальную температуру на 139°С.
Колонны	
Длина 2,5м. Образцы колонн с четырех или с трех сторон с учетом реальных условий использования и наихудшего ожидаемого результата испытания.	Длина не менее 2,7м, располагаются вертикально.
Нагрузки	
Образцы несущих и самонесущих конструкций должны испытываться под нагрузкой. Распределение нагрузки и условия опирания	Образцы подвергаются воздействию огня со всех сторон. В течение испытаний применяют накладываемые нагрузки на образец, моделирующие максимальные условия

образцов должны соответствовать расчетным схемам, принятым в технической документации.	воздействия. Следует убедиться, что прикладываемые нагрузки на части образца, подверженные воздействию огня не увеличивают их длину. Колонны следует предварительно нагрузить 1,75 раз.
Условия принятия испытаний	
Для вертикальных конструкций предельным состоянием следует считать условие, когда вертикальная деформация достигает L/100 или скорость нарастания вертикальных деформаций достигает 10 мм/мин для образцов высотой (3+/-0,5) м.	Колонна должны выдержать нагрузку в течении периода, который желателен для данного типа конструкций.
Перекрытия	
Покрытия и перекрытия, опирающиеся по двум сторонам 2x4м ² , покрытия и перекрытия, опирающиеся по четырем сторонам 2,8x4м ² .	Площадь, подверженная огню не менее 16 м ² с размерами не менее 3,7м.
Размеры	
Образцы покрытия и перекрытия испытываются снизу.	В течение испытаний применяют накладываемые нагрузки на образец, моделирующие максимальные условия воздействия.
Условия принятия испытаний	
См. пп.Стены.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Защемленные сборки: <ul style="list-style-type: none"> • Образец должен выдержать нагрузку в течении испытаний без прохождения огня или горячих газов, достаточных поджечь паклю в период, нормированный его классификацией; • Передача тепла через стену или ее часть в течении испытаний не должна быть такой, чтобы температура на необогреваемой поверхности превышала первоначальную температуру на 139°C. 2. Особые случаи, если используются балки или ригели, температура необогреваемой поверхности регламентируются расположением данной балки (ригеля).
Защемленные балки	
Длина 4м, балки испытываются с трех сторон.	Длина участка, подверженная огню не меньше 3,7м, испытываются горизонтально
Нагрузки	
Образцы несущих и самонесущих конструкций должны испытываться под нагрузкой. Распределение нагрузки и условия опирания образцов должны соответствовать расчетным схемам, принятым в технической документации.	В течение испытаний применяют накладываемые нагрузки на образец, моделирующие максимальные условия воздействия.
См. пп. стены.	Температура на необогреваемой поверхности не должна превышать 704°C на любом участке в течении половины периода классификации либо в течение 1 часа в зависимости, какое значение больше, средняя температура, зарегистрированная 4 термомпарами в любом месте не должна превышать 593°C.

-	Тест с использованием потока воды Нагрузка прикладывается при помощи потока воды. Поток воды не требуется если образец конструкции имеет период сопротивления, зафиксированный испытаниями на огнестойкость, менее 1ч. Испытания проводятся на дубликаты образца. Его нагружают сразу после проведения испытаний на огнестойкость. Время тестирования должно составлять половину периода огнестойкости, который был определен в процессе испытаний на первоначальном образце. Время, в течение которого второй образец подвергается испытаниям на огнестойкость, не должно превышать 1ч. (регламентируется направление потока, диаметр шланга, дистанция до образца). В таблице представлены давление воды и длительность применения в зависимости периода сопротивления.
---	--

Вывод:

Общий подход к определению предела огнестойкости одинаков. Характерные различия можно выделить в количестве термопар, которые измеряют температуру как в печи, так и на необогреваемой поверхности, в размерах испытываемых образцов, что влияет на точность результатов и измерений, так, учитывая тот факт, что количество используемых термопар в испытаниях по американским стандартам больше, отметим, что погрешность такого метода будет меньше. Также стоит заметить отличие в температурном режиме печи, что может говорить о том, что полученный предел огнестойкости одного образца и того же по одному стандарту не будет совпадать с аналогичным – по-другому. Стоит отметить, что требования к пределу огнестойкости определенных видов конструкций по стандартам США описаны в методах испытаний, однако при расчетном методе таких требований не указано. Ко всему прочему по ASTM образцы могут испытываться с использованием потока воды.

4. Заключение

При проектировании строительной конструкции необходимо уделять особое внимание правильному определению фактического предела огнестойкости применяемых железобетонных конструкций и установлению возможности дальнейшей эксплуатации конструкций после пожара, также конструкции необходимо испытывать на огнестойкость и предел распространения огня.

Оценка огнестойкости строительных конструкций может осуществляться как экспериментальным, так и расчетным путём.

В статье дано определение понятия предел огнестойкости, перечислены все основные способы его определения, рассмотрены методы проведения испытаний на оценку предела огнестойкости, соответствующие всем современным российским требованиям и американским требованиям, выявлены основные общие черты и существенные различия.

Общий подход в обеих странах одинаковый, однако имеются различия в методологии и константах. Принципиальное различие – нормы проектирования по пределу огнестойкости, из чего следует, что в США акцент ставится на конкретное значение предела огнестойкости для соответствующих конструкций здания и лишь по требуемому значению определяются их минимальные размеры, в России же, напротив, приоритетным является назначение конструкции, по которому определяется требуемый предел огнестойкости.

Что касается испытаний, то характерные различия можно выделить в количестве термопар, которые измеряют температуру как в печи, так и на необогреваемой поверхности, в размерах испытываемых образцов, что влияет на точность результатов и измерений. Также стоит заметить отличие в температурном режиме печи, что может говорить о том, что полученный предел огнестойкости одного и того же образца по одному стандарту не будет совпадать с аналогичным – по-другому. Стоит отметить, что требования к пределу огнестойкости определенных видов конструкций по стандартам США описаны в методах испытаний, однако при расчетном методе такие требования не указаны. Ко всему прочему по ASTM образцы могут испытываться с использованием потока воды.

Таблица4. Предел огнестойкости железобетонных конструкций [11]

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости железобетонных конструкций, не менее						
	Несущие элементы здания: стены, колонны, балки, ригели, фермы, рамы	Наружные несущие стены	Плиты перекрытия междуэтажные (в т.ч. чердачные и над подвалом)	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
				Настилы, плиты (в т.ч. с утеплителем)	Фермы, балки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки лестниц
Особая	R 180 ¹ E 60 ³	E 60	R 180 ¹ EI 60 ²	REI 120 ²	R 180 ¹	R 180 ¹ EI 180	R 60
I	R 120	E30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
¹ Для зданий высотой более 100 м предел огнестойкости устанавливают R 240. ² Для зданий высотой более 100 м предел огнестойкости устанавливают REI 180, EI 180. ³ Предел огнестойкости E 60 устанавливают только для наружных стен.							

Таблица3. Fire resistance of singular layer concrete walls, floors and roofs [1]

Aggregatetype	Minimum equivalent thickness for fire resistance rating, in.				
	1 hr	1 1/2 hr	2 hr	3 hr	4 hr
<i>Siliceous</i>	3,5	4,3	5,0	6,2	7,0
<i>Carbonate</i>	3,2	4,0	4,6	5,7	6,6
<i>Semi-lightweight</i>	2,7	3,3	3,8	4,6	5,4
<i>Lightweight</i>	2,5	3,1	3,6	4,4	5,1

Таблица 4. Характеристики кривой температуры[2]

1000°F(538°C)	At 5 min
1300°F (704°C)	At 10 min
1550°F (843°C)	At 30 min
1700°F (927°C)	At 1 h
1850°F (1010°C)	At 2 h
2000°F (1093°C)	At 4 h
2300°F (1260°C)	At 8 h or over

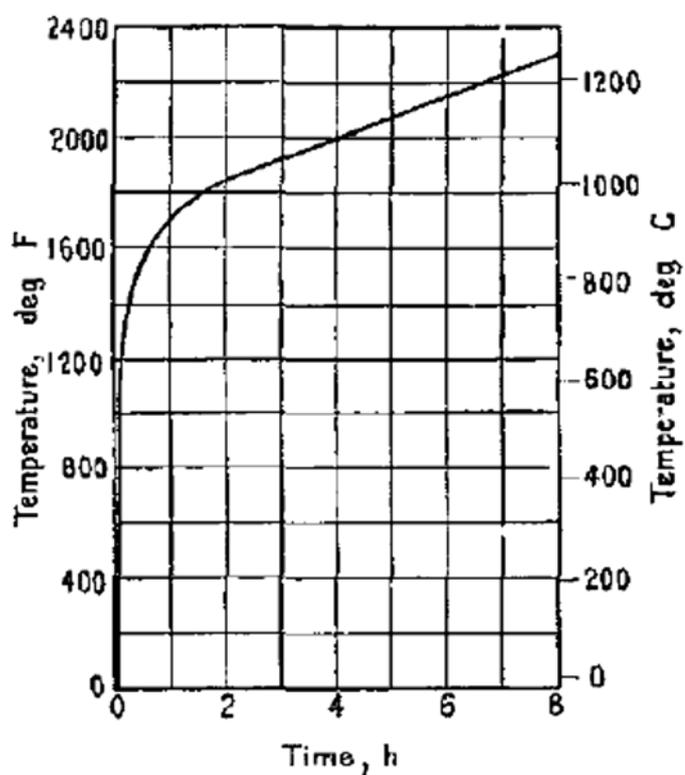


Рисунок 1. Time-Temperature Curve [2]

Литература

- [1]. ACI Committee 216. 1997. Standard Method for Determining Fire Resistance of Concrete and Masonry Construction Assemblies, ACI 216.1/TMS 0216. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- [2]. ASTM. 2006. Standard Specification for Perlite Loose Fill Insulation, ASTM C 549. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- [3]. Behloul M., Chanvillard G., Casanova P., Orange G. Fire resistance of DUCTAL ultrahigh performance concrete // Development of new materials. 2014. № 7. P. 421-430
- [4]. Cheer-Germ Go, Jun-Ren Tang, Jen-HaoChib, Cheng-Tung Chen, Yue-Lin Huang. Fire-resistance property of reinforced lightweight aggregate concrete wall // Construction and Building Materials. 2012. № 30. P. 725–733.
- [5]. Hogan M. B., Thompson J. J. Fire Resistance and Protection of Structures // Concrete Construction Engineering Handbook. 2008. pp. 1 – 14.
- [6]. Kodur V. K. R., Dwaikat M. A numerical model for predicting the fire resistance of reinforced concrete beams // Cement and Concrete Composites. 2008. № 30. P. 431–443.
- [7]. Kodur V. K. R., Wang T. C., Cheng F. P. Predicting the fire resistance behavior of high strength concrete columns // Cement and Concrete Composites. 2004. №26/2. P. 141–153
- [8]. Martins Alberto M.B., Rodrigue João Paulo C. Fire resistance of reinforced concrete columns with elastically restrained thermal elongation // Engineering Structures. 2010. № 32/10. P. 3330–3337.
- [9]. National concrete masonry. Association fire resistance ratings of concrete masonry assemblies // Fire Resistance. 2009. № 7-1. P. 1-8.
- [10]. Бушев В. П., Пчелинцев В. А., Федоренко В. С. Огнестойкость зданий — М.: Стройиздат, 1979. — 261 с.
- [11]. ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. — М.: ИПК Издательство стандартов. 2003. 8 с.
- [12]. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2013 году» // МЧС России. М.: ФГБУВНИИГОЧС (ФЦ), 2014. 344 с.
- [13]. Еналеев Р. Ш., Анаников С. В., Теляков Э. Ш., Гасилов В. С. Огнестойкость бетона: критерии разрушения // Фундаментальные исследования. 2013. № 1. С. 139-142.
- [14]. Еремина Т. Ю., Минайлов Д. А. Гармонизация российских и международных нормативных документов по оценке огнестойкости строительных конструкций (основные подходы к проведению огневых испытаний) // Пожарная безопасность. 2014. № 2. С. 151-155.
- [15]. Еремина Т. Ю., Минайлов Д. А. Совершенствование нормативно-правовой базы в области огнестойкости строительных конструкций // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2014. № 3. С. 32-36
- [16]. Зенков Н. И. Строительные материалы и поведение их в условиях пожара. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1974. 176с.
- [17]. Ильин Н. А. Определение огнестойкости строительных конструкций зданий и сооружений // Современные наукоемкие технологии. 2009. № 1. С. 18-19.
- [18]. Ильин Н. А. Последствия огневого воздействия на железобетонные конструкции. — М.: Стройиздат, 1979. 127 с.
- [19]. Колесников П. П. Нормативное регулирование огнезащиты конструкций, изделий и материалов в свете технического регламента о требованиях пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. 2009. № 8. С. 38-45.
- [20]. Милованов А.Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре - М.: Стройиздат, 1998. — 304 с: ил.
- [21]. Ренев И. А., Белов В. В., Семенов К. В. Расчетное обеспечение огнестойкости несущих железобетонных конструкций зданий//XXXIX неделя науки СПбГПУ. Ч.1. материалы межвузовской научной конференции. СПб. Изд-во СПбГПУ, 2010. с. 321.
- [22]. СТ СЭВ 1000-78 Противопожарные нормы строительного проектирования. Метод испытания строительных конструкций на огнестойкость, 2013. 14 с.
- [23]. СТ СЭВ 383-87 Пожарная безопасность в строительстве. Термины и определения (Утвержден Постоянной Комиссией по сотрудничеству в области стандартизации Магдебург, июль 1987 г.)

- [24]. Строительные нормы и правила: СНиП 2.01.02-85* Противопожарные нормы: нормативно-технический материал. — М.: [б.и.], 1991. 32 с.
- [25]. Сычев В. И., Жуков В. В. Огнестойкость строительных конструкций. — М.: ЦИНИС Госстроя СССР, 1976. 128 с.
- [26]. Техническое регулирование ФБГУ ВНИИПО МЧС России: сайт [Электронный ресурс]. Систем. Требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://www.vniipo.ru/news/tex_regl.php (дата обращения 10.11.2014).
- [27]. Трамбовецкий В. П. Международные стандарты проектирования в строительстве // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. №10. 2012. С. 48-51.
- [28]. Яковлев А.И. Основные принципы расчета пределов огнестойкости строительных конструкций // Огнестойкость строительных конструкций. 1980. № 8. С. 3—14.

Fire resistance of concrete structures: testing using codes of Russia and the USA

M.V. Ananina¹, D.O. Lepeshkina².

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

ARTICLE INFO

scientific article

Article history

Received 02 December 2014

Keywords

fire resistance;
Fire testing;
fire spread;
fire safety;
tests methods;
constructive element;
fire regulation;
standard fire;
criteria of destruction;

ABSTRACT

Nowadays, it is necessary to pay attention to correctly determination of actual fire resistance of concrete construction and to establishment the possibility of construction further maintenance after the fire. Measure fire resistance of building construction can be performed by experimental methods as well as calculation methods. In the paper, a definition of fire resistance is given, all the basic ways of its determination are listed, the methods of testing to assess the fire resistance corresponding to all the requirements of modern Russian and American requirements are considered, the main similarities and important differences are identified. The general approach in both countries is the same, but there are differences in methodology and constants. Fundamental difference is in design standards due to the fire resistance, from what follows that in the US the focus is on a specific value for the corresponding fire resistance of building structures and only by the desired value their minimum sizes is determined, in Russia, in contrast, the priority is appointment of structure, with which the required fire resistance is determined. With regard to testing, it is possible to allocate the characteristic differences in the number of thermocouples to measure the temperature in the furnace, and on the unexposed surface, in size of the test samples, which affects the accuracy of results and measurements. In addition, the difference in the temperature range of the furnace can be shown, which may indicate that the resulting fire resistance of the same sample with one standard will not coincide with the corresponding one tested with other standard. It should be noted that the requirements for the fire resistance of certain structures by US standards are described in the test methods, but in the computational method, such requirements are not specified. To all other, according to ASTM samples may be tested using hose stream.

Corresponding author:

- ¹. +7(981)6934344, mariyaananina@yandex.ru (Mariya Vladimirovna Ananina, Student)
- ² +79516702564, Idasha239@mail.ru (Daria Olegovna Lepeshkina, Student)

References

- [1]. ACI Committee 216. 1997. Standard Method for Determining Fire Resistance of Concrete and Masonry Construction Assemblies, ACI 216.1/TMS 0216. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- [2]. ASTM. 2006. Standard Specification for Perlite Loose Fill Insulation, ASTM C 549. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- [3]. Behloul M., Chanvillard G., Casanova P., Orange G. Fire resistance of DUCTAL ultrahigh performance concrete // Development of new materials. 2014. № 7. P. 421-430
- [4]. Cheer-Germ Go, Jun-Ren Tang, Jen-HaoChib, Cheng-Tung Chen, Yue-Lin Huang Fire-resistance property of reinforced lightweight aggregate concrete wall // Construction and Building Materials. 2012. № 30. P. 725–733.
- [5]. Hogan M. B., Thompson J. J. Fire Resistance and Protection of Structures // Concrete Construction Engineering Handbook. 2008. pp. 1 – 14.
- [6]. Kodur V. K. R., Dwaikat M. A numerical model for predicting the fire resistance of reinforced concrete beams // Cement and Concrete Composites. 2008. № 30. P. 431–443.
- [7]. Kodur V. K. R., Wang T. C., Cheng F. P. Predicting the fire resistance behaviour of high strength concrete columns // Cement and Concrete Composites. 2004. №26/2. P. 141–153
- [8]. Martins Alberto M.B., Rodrigue João Paulo C. Fire resistance of reinforced concrete columns with elastically restrained thermal elongation // Engineering Structures. 2010. № 32/10. P. 3330–3337.
- [9]. National concrete masonry. Association fire resistance ratings of concrete masonry assemblies // Fire Resistance. 2009. № 7-1. P. 1-8.
- [10]. Bushev V. P., Pchelintsev V. A., Fedorenko B. C. Ognestoykost zdaniy [Fire resistance of a buildings]. — M.: Stroyizdat, 1979. — 261 p.(rus)
- [11]. GOST 30247.0-94 Konstruktsii stroitelnyye. Metody ispytaniy na ognestoykost. Obshchiye trebovaniya [Building constructions. Methods of test for fire resistance. General requirements]. — M.: IPK Izdatelstvo standartov. 2003. 8 s.
- [12]. Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii zashchity naseleniya i territoriy Rossiyskoy Federatsii ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogokharaktera v 2013 godu» [On the status of population and territory of the Russian Federation by natural disasters and man-made disasters in 2013]// MChS Rossii. M.: FGBUVNIIGChS (FTs), 2014. 344 s.
- [13]. Yenaleyev R. Sh., Ananikov S. V., Telyakov E. Sh., Gasilov V. S. Ognestoykost betona: kriterii razrusheniya [Fire resistance of concrete: fracture criteria] // Fundamentalnyye issledovaniya. 2013. № 1. Pp. 139-142. (rus)
- [14]. Yeremina T. Yu., Minaylov D. A. Garmonizatsiya rossiyskikh i mezhdunarodnykh normativnykh dokumentov po otsenke ognestoykosti stroitelnykh konstruktsiy (osnovnyye podkhody k provedeniyu ognevnykh ispytaniy) [Harmonization of Russian and international regulations to assess the fire resistance of building structures (basic approaches to fire tests)] // Pozharnaya bezopasnost. 2014. № 2. S. 151-155.
- [15]. Yeremina T. Yu., Minaylov D. A. Sovershenstvovaniye normativno-pravovoy bazy v oblasti ognestoykosti stroitelnykh konstruktsiy [Improving the regulatory framework in the field of fire resistance of building structures]// Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya. 2014. № 3. S. 32-36
- [16]. Zenkov N. I. Stroitelnyye materialy i povedeniye ikh v usloviyakh pozhara [Construction materials and their behavior under fire conditions]. M.: VIPTSh MVD SSSR, 1974. 176s.
- [17]. Ilin N. A. Opredeleniye ognestoykosti stroitelnykh konstruktsiy zdaniy i sooruzheniy [Determination of the fire resistance of building constructions and structures] // Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii. 2009. № 1. S. 18-19.
- [18]. Ilin N. A. Posledstviya ogneвого vozdeystviya na zhelezobetonnyye konstruktsii [The consequences of fire impact on concrete structures]. — M.: Stroyizdat, 1979. 127 s.
- [19]. Kolesnikov P. P. Normativnoye regulirovaniye ognezashchity konstruktsiy, izdeliy i materialov v svete tekhnicheskogo reglamenta o trebovaniyakh pozharной bezopasnosti [Normative regulation of fire protection of structures, products and materials in the light of technical regulations on fire safety requirements] // Pozharovzryvbezopasnost. 2009. № 8. S. 38-45.
- [20]. Milovanov A.F. Stoykost zhelezobetonnykh konstruktsiy pri pozhare [Resistance of reinforced concrete structures in case of fire] - M.: Stroyizdat, 1998. — 304 s: il.

- [21].Renev I. A., Belov V. V., Semenov K. V. Raschetnoye obespecheniye ognestoykosti nesushchikh zhelezobetonnykh konstruksiy zdaniy [Calculated providing fire resistance of bearing reinforced concrete structures of buildings] //XXXIX nedelya nauki SPbGPU. Ch.I. materialy mezhvuzovskoy nauchnoy konferentsii. SPb.: Izd-vo SPbGPU, 2010. s. 321.
- [22].ST SEV 1000-78 Protivopozharnyye normy stroitel'nogo proyektirovaniya. Metod ispytaniya stroitelnykh konstruksiy na ognestoykost [Fire safety standards of building design. Method of test for fire resistance of building structures], 2013. 14 s.
- [23].ST SEV 383-87 Pozharnaya bezopasnost v stroitelstve. Terminy i opredeleniya (Utverzhden Postoyannoy Komissiyey po sotrudnichestvu v oblasti standartizatsii [Fire regulations: regulatory and technical material] Magdeburg, iyul 1987 g.)
- [24].Stroitelnyye normy i pravila: SNiP 2.01.02-85* Protivopozharnyye normy: normativno-tekhnicheskii material. — M.: [b.i.], 1991. 32 s.
- [25].Sychev V. I., Zhukov V. V. Ognestoykost stroitelnykh konstruksiy [Fire behavior of building structures.]. — M.: TsINIS Gosstroya SSSR, 1976. 128 s.
- [26].Tekhnicheskoye regulirovaniye FBGU VNIPO MChS Rossii: sayt [Elektronnyy resurs]. Sistem. Trebovaniya: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.vniipo.ru/news/tex_regl.php (data obrashcheniya 10.11.2014). (rus)
- [27].Trambovetskiy V. P. Mezhdunarodnyye standarty proyektirovaniya v stroitelstve [International design standards in construction] // Stroitelnyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka. №10. 2012. S. 48-51.
- [28].Yakovlev A.I. Osnovnyye printsipy rascheta predelov ognestoykosti stroitelnykh konstruksiy [Основные принципы расчета пределов огнестойкости строительных конструкций] // Ognestoykost stroitelnykh konstruksiy. 1980. № 8. S. 3—14.

Ананина М.В., Лепешкина Д.О. Огнестойкость железобетонных конструкций: методы испытаний по российским и американским стандартам // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №10(37). С. 7-21.

Ananina M.V., Lepeshkina D.O. Fire resistance of concrete structures: testing using codes of Russia and the USA. Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, 10(37), Pp. 7-21. (rus)