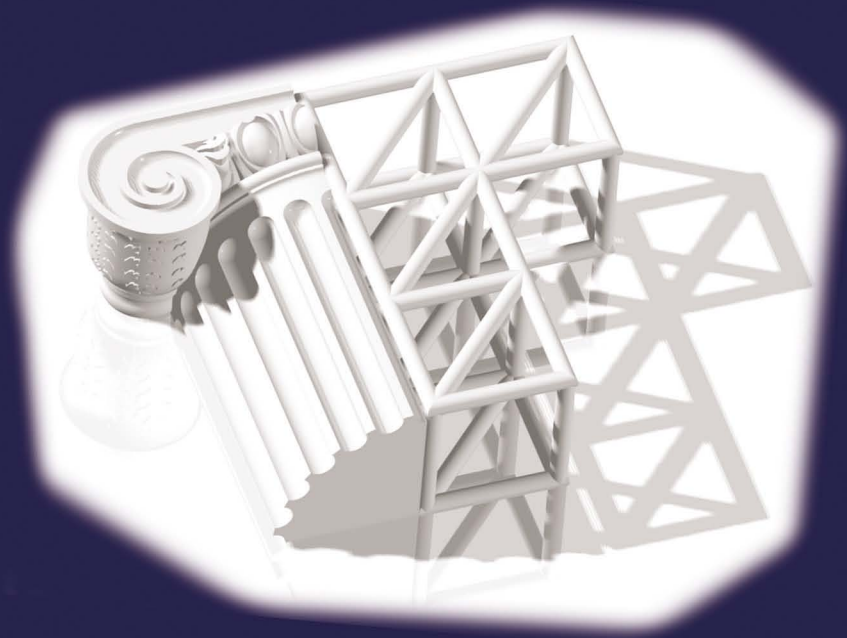


**ВАРЛАМОВ А.А.**

**ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ  
РАСЧЕТ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**



**А.А. Варламов**

# **ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ**

## **РАСЧЕТ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Рекомендуется Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский государственный строительный университет» в качестве учебного пособия для студентов ВПО, обучающихся по программе бакалавриата по направлению 270800 «Строительство» (профиль «Промышленное и гражданское строительство»)*



Издательство АСВ

Москва

2014

УДК 624.012.41  
ББК 38.53Я73

**Рецензенты:**

директор НОУ ДПО «Центр повышения квалификации строителей», доктор технических наук, профессор *В.Г. Матвеев*; начальник управления строительством ОАО трест «Магнитострой», кандидат технических наук *А.А. Кручинин*.

**Варламов А.А.**

Железобетонные и каменные конструкции. Расчет огнестойкости железобетонных конструкций: Учеб. пособие. – М.: Издательство АСВ, 2014. – 128 с.

**ISBN 978-5-93093-993-4**

Учебное пособие по расчету огнестойкости железобетонных конструкций разработано в соответствии с Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности, требованиями норм по стандартизации. Рассмотрены строительные конструкции, выполненные из железобетона. Основное внимание уделено вопросам поведения конструкций в условиях пожара и методике расчета их пределов огнестойкости в зависимости от характера работы (изгибаемые, сжатые, растянутые).

За основу расчета принята методика стандартов, разработанных лабораторией температуростойкости и диагностики бетона и железобетонных конструкций НИИЖБ – филиалом ФГУП «НИЦ «Строительство» и группой специалистов (д-р техн. наук А.Ф. Милованов, канд. техн. наук В.В. Соломонов, И.С. Кузнецова, инж. О.П. Баранова и Т.Н. Малкина) [30, 31]. В пособии определена приоритетность требований технических регламентов по сравнению с другими нормативными требованиями. Пособие иллюстрировано рисунками, чертежами и графиками, приведены необходимые справочные данные.

Настоящее пособие составлено в соответствии с ФГОС третьего поколения и предназначено для студентов строительных вузов, обучающихся по профилям «Промышленное и гражданское строительство», «Проектирование зданий», «Экспертиза и управление недвижимостью» направления «Строительство». Пособие может быть полезно аспирантам и работникам промышленности при повышении их квалификации.

*Регистрационный № рецензии 2272 от 01.03.2013 г.*

**ISBN 978-5-93093-993-4**

© Издательство АСВ, 2014

© Варламов А.А., 2014

Андрей Аркадьевич Варламов

**ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ  
РАСЧЕТ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Компьютерная верстка *Е.М. Лютова*

Дизайн обложки *Т. Негрозова*

Редактор *В.Ш. Мерзлякова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Формат 60х90/16. Бумага офс. Гарнитура Таймс.

Печать офсетная. Усл. 8 п.л. Заказ №

ООО «Издательство АСВ»

129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511

тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: [iasv@mgsu.ru](mailto:iasv@mgsu.ru), интернет-магазин: <http://www.iasv.ru/>

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы огнестойкости и огнесохранности строительных конструкций находят первостепенное отражение в проектировании и строительстве зданий и сооружений. Выполнение требований, содержащихся в федеральных законах, является основой внедрения рациональных и эффективных решений по противопожарной защите зданий и сооружений.

Железобетонные конструкции наряду с требованиями прочности, жесткости и трещиностойкости должны отвечать требованиям пожарной безопасности. Прочность бетона и стали под воздействием пожарной нагрузки снижается, а иногда происходит и разрушение железобетонной конструкции. Поэтому обеспечение требуемого предела огнестойкости железобетонной конструкции при воздействии пожара является важным.

Современные нормы исходят из того, что огнестойкость зданий и сооружений определяется как единое целое, т.е. рассматриваются вопросы оценки огнестойкости зданий и сооружений с учетом совместной работы строительных конструкций. Следует учитывать, что совместная работа конструкций, их взаимовлияние могут быть как положительными, так и отрицательными для огнестойкости конструкций и здания в целом.

При рассмотрении вопросов огнестойкости зданий и сооружений необходимо учитывать современные тенденции в строительстве, характеризующиеся возведением объектов многофункционального характера, принятием нестандартных объемно-планировочных решений, применением новых конструкций, новых строительных материалов. Поэтому необходимо обращать серьезное внимание на соответствие решений, закладываемых в проектах, требованиям противопожарных норм, в том числе по вопросам огнестойкости. Речь идет о документальном подтверждении фактических пределов огнестойкости конструкций. Предел огнестойкости и класс конструктивной пожарной опасности применяемых строительных конструкций должны подтверждаться в установленном порядке экспериментальными методами или расчетными.

Возведенные здания должны соответствовать ряду требований безопасности и экономичности, обеспечивать комфортное проживание и не оказывать негативного влияния на окружающую среду. Одновременное выполнение многих требований, безусловно, усложняет процесс проектирования, строительства и эксплуатации зданий.

В настоящем учебном пособии рассматриваются вопросы огнестойкости конструкций, которые необходимо знать и уметь применять в условиях многовариантности решений, начиная с выбора общей конструктивной системы здания и кончая проектированием отдельных конструкций, обеспечивающих прочность, жесткость и устойчивость здания при различных воздействиях.

В пособии выявляются и особенности расчета огнестойкости, проявляющиеся как во внешних воздействиях (возникновение особых внешних воздействий на конструкции), так и в изменении физико-механических свойств материалов самой конструкции (бетона и стали) при огневом воздействии.

Основная цель пособия – практически научить студента рассматривать расчет огнестойкости железобетонной конструкции как необходимый раздел оценки безопасности здания. С этой точки зрения пособие рассчитано на обучающихся по специальностям и профилям, наиболее близко сталкивающимися с вопросами безопасности зданий и сооружений, – «Промышленное и гражданское строительство», «Проектирование зданий», «Экспертиза и управление недвижимостью» направления «Строительство». Будет полезно ознакомиться с разделом безопасности зданий пособия и студентам других специальностей направления «Строительство». Пособие может быть полезно аспирантам и работникам промышленности при повышении их квалификации и переподготовке.

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

## 1.1. Основы расчета и нагрузки

Под огнестойкостью строительных конструкций понимается способность сопротивляться воздействию пожара в течение определенного времени, сохраняя при этом обычные эксплуатационные функции (несущие или ограждающие).

Показателем огнестойкости строительных конструкций является их предел огнестойкости. Предел огнестойкости определяется временем  $t = \tau$  (в минутах) от начала теплового воздействия  $t = 0$  (начала пожара) до возникновения одного или последовательно нескольких нормируемых для данной конструкции, признаков предельных состояний по огнестойкости:

потери несущей способности ( $R$ );

потери целостности (плотности) ( $E$ );

потери теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных значений ( $I$ ) или достижения предельной величины плотности теплового потока на нормируемом расстоянии от необогреваемой поверхности конструкции ( $W$ ).

Потеря несущей способности означает обрушение конструкции, разрушение узлов крепления конструкции или возникновение предельных деформаций.

Потеря целостности – образование в конструкции трещин или сквозных отверстий, через которые могут проникать продукты горения или пламя.

Потеря теплоизолирующей способности означает повышение температуры на необогреваемой поверхности в среднем более чем на  $160^{\circ}\text{C}$  или в любой точке этой поверхности более чем на  $180^{\circ}\text{C}$  по сравнению с первоначальной температурой или более  $220^{\circ}\text{C}$  независимо от первоначальной температуры конструкции (ГОСТ 30247.1), т.е. температуры воспламенения распространенных сгораемых материалов – ткани, бумаги, древесной стружки.

Для уникальных конструкций предельное состояние может быть задано нормированным снижением прочности или нормированными деформациями.

Пределы огнестойкости строительных конструкций определяются экспериментальным (опытным) путем на специальных установках или расчетом для предельных состояний ( $R$ ) и ( $I$ ).

## Условие огнестойкости

$$U \geq \gamma_u \tau_u, \quad (1)$$

где  $U$  – фактический предел огнестойкости, ч;  $\tau_u$  – расчетная длительность пожара;  $\gamma_u$  – коэффициент огнестойкости.

Неравенство (1) представляет условие огнестойкости строительной конструкции. Коэффициент огнестойкости может быть больше единицы, когда требуется сохранить конструкции здания, или меньше единицы в зависимости от необходимого запаса времени до обрушения конструкции.

Это условие можно записать в другом виде:

$$P_\phi \geq P_{mp}, \quad (2)$$

где  $P_\phi$  – предел огнестойкости конструкции, называемый фактическим;  $P_{mp}$  – предел огнестойкости, устанавливаемый условиями безопасности или нормами, называемый требуемым.

Под огнестойкостью здания понимается его способность сопротивляться разрушениям в условиях пожара.

Различают фактическую степень огнестойкости ( $O_\phi$ ) и требуемую ( $O_{mp}$ ). Фактическая степень огнестойкости здания определяется по наименьшим показателям огнестойкости строительной конструкции. Требуемая степень огнестойкости зданий нормируется. Условия безопасности удовлетворяются при соответствии фактической степени огнестойкости требуемой.

Железобетонные конструкции по-разному сопротивляются воздействию пожара вследствие разнообразных конструктивных решений, изменения свойств бетона и арматуры во время огневого воздействия, изменения предварительного напряжения, изменения анкеровки и проч. Железобетонные конструкции покрытия и перекрытия имеют наибольшую температуру нагрева. Вертикальные конструкции нагреваются больше вверху и меньше внизу. Температура нагрева поверхности зависит от температуры огня и места расположения горения. Предел огнестойкости зависит от интенсивности пожара – теплового воздействия и его длительности.

Разрушение конструкции начнется, когда предел прочности конструкционного материала вследствие прогрева снизится до эквивалентного напряжения от рабочих нагрузок –  $R_{m,t} = \sigma_\varepsilon$ , где  $R_{m,t}$  – сопротивление материала в нагретом состоянии,  $\sigma_\varepsilon$  – эквивалентное напряжение, обычно принимается как интенсивность напряжений,

соответствующих энергетической теории прочности. Указанное условие относится к статически определимым конструкциям, когда температурная ползучесть в опасном сечении вызовет разрушение конструкции. В статически неопределимых конструкциях указанное условие должно выполняться в нескольких сечениях (места пластических шарниров). В случае оптимально спроектированной конструкции разрушение произойдет, если сопротивление материалов в нагретом состоянии достигнет нормативных значений.

В процессе испытания и калибровки в печах должен быть создан стандартный температурный режим. На основании исследований выявили, что реальный пожар можно аппроксимировать условным эквивалентным режимом. Международной организацией по стандартизации рекомендована единая стандартная кривая изменения температуры в зависимости от времени для испытания конструкции на огнестойкость:

$$T - T_0 = B \lg(Ct + 1), \quad (3)$$

где  $T$  – температура в печи, соответствующая времени  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $T_0$  – температура в печи до начала теплового воздействия (принимают равной температуре окружающей среды),  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t$  – время, исчисляемое от начала испытания, ч,  $B = 345$ ,  $C = 8$ .

При необходимости может быть создан другой температурный режим, учитывающий реальные условия пожара. Так, для изгибаемых конструкций следует считать, что предельное состояние наступило, если:

- прогиб достиг величины  $L/20$  или
- скорость нарастания деформаций достигла

$$L^2/(9000h) \text{ см/мин},$$

где  $L$  – пролет, см;  $h$  – расчетная высота сечения конструкции, см.

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.

К факторам, определяющим поведение строительных конструкций в условиях пожара, относятся: степень нагружения конструкций и их элементов; вид и количество пожарной нагрузки, определяющей температурный режим, а также теплота пожара; тепловая нагрузка на конструкцию; теплофизические и физико-механические характеристики материалов, из которых выполнены строительные конструкции; условия нагрева и способы сочленения конструкций.



Фактические пределы огнестойкости строительных конструкций определяются при действии нормативных нагрузок. Величины нормативных нагрузок устанавливаются в зависимости от назначения конструкций и условий их эксплуатации.

Различают нагрузки: постоянные и временные. Временные подразделяются на длительные, кратковременные и особые.

Постоянными называются такие нагрузки, которые действуют на строительную конструкцию постоянно. К таким нагрузкам относятся: собственная масса конструкций, давление грунта, воздействие предварительного напряжения конструкций и т.д.

Длительными называются такие нагрузки, которые действуют на конструкцию продолжительное время: масса технологического оборудования, давление жидкостей и газов в резервуарах и трубопроводах, масса складываемых грузов и т.д.

Кратковременными называют нагрузки, действующие непродолжительное время: масса людей; подвижное подъемно-транспортное оборудование; снег, ветер (при пожаре не учитывается); масса материалов, используемых при монтажных, ремонтных и конструкционных работах, и т.д.

Особые нагрузки – это нагрузки, которые могут появиться в исключительных случаях: при сейсмическом и взрывном воздействии; аварийном нарушении технологического процесса; резкие просадки грунтов.

Необходимо отметить, что нагрузки от веса людей, снега, подъемно-транспортного оборудования относятся как к длительным, так и к кратковременным нагрузкам. Учет этих нагрузок в качестве длительных и кратковременных дан в соответствующих нормативных документах.

Нормативный уровень нагрузки является завышенным для случая пожара, а классификация этих нагрузок позволяет отнести случай пожара к особым воздействиям. В соответствии с этим для оценки огнестойкости строительных конструкций используются постоянные и длительно действующие нагрузки. Допускается также определять нагрузку на основании подробного анализа условий, возникающих во время пожара.

Предел огнестойкости строительных конструкций снижается с увеличением действующих на них нагрузок и увеличивается при их уменьшении.

В зависимости от вида конструкции, условий ее сочленения с другими строительными конструкциями, схемы загрузки и невыгодного сочетания действующих нормативных нагрузок в сечениях элементов конструкции и их узлах сочленения определяют макси-

мальные значения изгибающих моментов  $M_n$  и усилий  $N_n$ . Расчет внутренних силовых факторов ( $M_n, N_n$ ), выполняемый по правилам сопротивления материалов и строительной механики, называется статическим расчетом конструкции.

Пожарная нагрузка – это количество теплоты, МДж, выделяющейся при полном сгорании всех горючих и трудногорючих веществ и материалов (в том числе входящих в состав строительных конструкций), находящихся в помещении или могущих поступать в него.

Для определения пожарной нагрузки в здании создается специальная комиссия, которая разрабатывает карту пожарной нагрузки. В эту комиссию входят специалисты по технике безопасности, технологии производства, а также представитель органов Государственной противопожарной службы.

Пожарная нагрузка определяется на основе: проектно-конструкторской документации; технологических карт; натурного обследования помещений эксплуатируемых зданий; данных по пожароопасным свойствам веществ и материалов, представленных в справочной литературе, специализированных банках данных, а также результатов лабораторных и натуральных испытаний.

В карте пожарной нагрузки должно быть указано: наименование, назначение и принадлежность здания; состав комиссии; перечень помещений и (или) пожароопасного участка с указанием размещения горючих и трудногорючих веществ и материалов; спецификация горючих и трудногорючих веществ и материалов в каждом помещении. Карта пожарной нагрузки утверждается: на стадии проектирования здания – руководителем проекта, а для эксплуатируемого здания – руководителем организации или предприятия. Для оценки пожарной нагрузки в здании, по результатам которой составляется карта пожарной нагрузки, необходимо составить перечень всех помещений, расположенных в здании, и описание пожарной нагрузки в каждом из помещений.

## 1.2. Термины и определения

**Взрывопожароопасность объекта защиты** – состояние объекта защиты, характеризующее возможность возникновения взрыва и развития пожара.

**Горючая среда** – среда, способная воспламениться при воздействии источника зажигания.

**Класс конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков** – классификационная характеристика зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков,

определяемая степенью участия строительных конструкций в развитии пожара и образовании опасных факторов пожара.

**Класс функциональной пожарной опасности зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков** – классификационная характеристика зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, определяемая назначением и особенностями эксплуатации указанных зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, в том числе особенностями осуществления в указанных зданиях, сооружениях, строениях и пожарных отсеках технологических процессов производства.

**Пожаровзрывоопасность веществ и материалов** – способность веществ и материалов к образованию горючей (пожароопасной или взрывоопасной) среды, характеризующая их физико-химическими свойствами и (или) поведением в условиях пожара.

Пожарная опасность строительных материалов характеризуется следующими свойствами: горючесть; воспламеняемость; способность распространения пламени по поверхности; дымообразующая способность; токсичность продуктов горения.

**Огнестойкость строительной конструкции** – способность строительной конструкции сохранять несущие или ограждающие функции в условиях пожара.

**Фактическая огнестойкость строительной конструкции** – время от возникновения пожара до наступления одного из нормируемых для данной конструкции предельных состояний по огнестойкости.

**Эквивалентная продолжительность пожара** – продолжительность стандартных испытаний, воздействие которых на строительную конструкцию аналогично воздействию «реального» пожара.

**Предел огнестойкости конструкции** – промежуток времени от начала огневого воздействия в условиях стандартных испытаний до наступления одного из нормированных для данной конструкции (заполнения проемов противопожарных преград) предельных состояний. Пределы огнестойкости строительных конструкций определяются в условиях стандартных испытаний. Наступление пределов огнестойкости несущих и ограждающих строительных конструкций в условиях стандартных испытаний или в результате расчетов устанавливается по времени достижения одного или последовательно нескольких из следующих признаков предельных состояний: *R*; *E*; *I*; *W*.

Методы определения пределов огнестойкости строительных конструкций и признаков предельных состояний устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности.

**Противопожарная преграда** – строительная конструкция с нормированными пределом огнестойкости и классом конструктивной пожарной опасности конструкции, объемный элемент здания или иное инженерное решение, предназначенные для предотвращения распространения пожара из одной части здания, сооружения, строения в другую или между зданиями, сооружениями, строениями, зелеными насаждениями.

*Классификация противопожарных преград.* Противопожарные преграды в зависимости от способа предотвращения распространения опасных факторов пожара подразделяются на следующие типы: противопожарные стены; противопожарные перегородки; противопожарные перекрытия; противопожарные разрывы; противопожарные занавесы, шторы и экраны; противопожарные водяные завесы; противопожарные минерализованные полосы.

Отнесение противопожарных преград к тому или иному типу в зависимости от пределов огнестойкости элементов противопожарных преград и типов заполнения проемов в них осуществляется в соответствии с федеральным законом.

**Сооружение** – строительная система любого функционального назначения, в состав которой входят помещения, предназначенные в зависимости от функционального назначения для пребывания или проживания людей и осуществления технологических процессов.

**Степень огнестойкости зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков** – классификационная характеристика зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, определяемая пределами огнестойкости конструкций, применяемых для строительства указанных зданий, сооружений, строений и отсеков.

**Устойчивость объекта защиты при пожаре** – свойство объекта защиты сохранять конструктивную целостность и (или) функциональное назначение при воздействии опасных факторов пожара и вторичных проявлений опасных факторов пожара.

**Пожарная нагрузка** – количество теплоты, которое может выделиться в помещение при пожаре.

### **1.3. Классификация зданий, конструкций, Веществ и материалов по пожарной опасности**

Классификация имеет цель на предотвращение возможности возникновения пожара и обеспечение противопожарной защиты людей и имущества.

## **Здания, сооружения, строения и пожарные отсеки**

*По пожарной и взрывопожарной опасности* помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории:

- 1) повышенная взрывопожароопасность (А);
- 2) взрывопожароопасность (Б);
- 3) пожароопасность (В1–В4);
- 4) умеренная пожароопасность (Г);
- 5) пониженная пожароопасность (Д).

Категории помещений по пожарной и взрывопожарной опасности определяются исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов [СП 12.13130.2009].

Методы определения классификационных признаков устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности и указываются в проектной документации.

Пожарно-техническая классификация зданий осуществляется по следующим критериям:

1) *по степени огнестойкости здания, сооружения, строения и пожарные отсеки* подразделяются на I, II, III, IV и V степени огнестойкости;

– особая – многофункциональные, высотные здания и здания-комплексы;

– I степень – ограждающие конструкции из железобетона, применяются листовые и плитные негорючие материалы;

– II степень – покрытия выполнены из стальных конструкций;

– III степень – применены защищенные деревянные перекрытия, здания каркасного типа с элементами каркаса из стальных конструкций и ограждающие конструкции из профлистов или других негорючих материалов со слабогорючим утеплителем группы Г1;

2) *по классу конструктивной пожарной опасности* подразделяются на классы С0, С1, С2 и С3;

3) *по классу функциональной пожарной опасности* подразделяются на Ф1...Ф5.

Порядок определения класса пожарной опасности зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков устанавливается федеральным законом.

Как видно из классификации, железобетонные конструкции являются основными конструкциями, обеспечивающими огнестойкость здания.

### **Вещества и материалы**

По *горючести* строительные материалы подразделяются на горючие (Г) и негорючие (НГ).

Строительные материалы относятся к негорючим при следующих значениях параметров горючести, определяемых экспериментальным путем: прирост температуры – не более 50 °С, потеря массы образца – не более 50%, продолжительность устойчивого пламенного горения – не более 10 с.

Строительные материалы, не удовлетворяющие хотя бы одному из указанных значений параметров, относятся к горючим.

Негорючие вещества и материалы не способны гореть в воздухе. Однако негорючие вещества могут быть пожаровзрывоопасными (например, окислители или вещества, выделяющие горючие продукты при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом).

*Для негорючих строительных материалов другие показатели пожарной опасности не определяются и не нормируются.*

Горючие вещества и материалы подразделяются на группы:

1) трудногорючие – вещества и материалы, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но неспособные самостоятельно гореть после его удаления;

2) горючие – вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться под воздействием источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

Пожарная опасность строительных материалов группы Г характеризуется следующими свойствами:

- 1) горючесть;
- 2) воспламеняемость;
- 3) способность распространения пламени по поверхности;
- 4) дымообразующая способность;
- 5) токсичность продуктов горения.

### **Строительные конструкции**

В зданиях, сооружениях и строениях должны применяться основные строительные конструкции с пределами огнестойкости и

классами пожарной опасности, соответствующими требуемым степени огнестойкости зданий и классу их конструктивной пожарной опасности, устанавливаемым нормативными документами по пожарной безопасности.

Требуемые пределы огнестойкости строительных конструкций приведены в *табл. 1*.

Пределы огнестойкости и классы пожарной опасности строительных конструкций должны определяться в условиях стандартных испытаний по методикам, установленным нормативными документами по пожарной безопасности.

Пределы огнестойкости и классы пожарной опасности строительных конструкций, аналогичных по форме, материалам, конструктивному исполнению строительным конструкциям, прошедшим огневые испытания, могут определяться расчетно-аналитическим методом, установленным нормативными документами по пожарной безопасности. Предел огнестойкости строительных конструкций устанавливается по времени (в минутах) от начала огневого испытания при стандартном температурном режиме до наступления одного из нормируемых для данной конструкции предельных состояний по огнестойкости, перечисленных в п. 2 ст. 35 Федерального закона №123-ФЗ.

Строительные конструкции *классифицируются по огнестойкости* для установления возможности их применения в зданиях определенной степени огнестойкости или для определения степени огнестойкости зданий. В условиях стандартных испытаний конструкции подразделяются на строительные конструкции со следующими пределами огнестойкости по времени достижения одного или последовательно нескольких признаков предельных состояний:

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| 1) ненормируемый;       | 2) не менее 15 минут;   |
| 3) не менее 30 минут;   | 4) не менее 45 минут;   |
| 5) не менее 60 минут;   | 6) не менее 90 минут;   |
| 7) не менее 120 минут;  | 8) не менее 150 минут;  |
| 9) не менее 180 минут;  | 10) не менее 240 минут; |
| 11) не менее 360 минут. |                         |

Признаки предельных состояний:

- 1) потеря несущей способности ( $R$ );
- 2) потеря целостности ( $E$ );
- 3) потеря теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных значений ( $I$ ) или достижения предельной величины

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
<b>1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА. ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....</b>	<b>5</b>
1.1. Основы расчета и нагрузки .....	5
1.2. Термины и определения .....	9
1.3. Классификация зданий, конструкций, веществ и материалов по по- жарной опасности .....	11
1.4. Общие требования.....	15
<b>2. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ .....</b>	<b>21</b>
2.1. Основные положения расчета .....	21
2.2. Односторонний нагрев .....	24
2.3. Двухсторонний нагрев .....	25
2.4. Трехсторонний нагрев .....	26
2.5. Четырехсторонний нагрев .....	27
2.6. Определение предела огнестойкости плит и стен по потере теплоизо- лирующей способности .....	28
<b>3. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ БЕТОНА И АРМАТУРЫ ПРИ ОГНЕВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ .....</b>	<b>31</b>
3.1. Изменение свойств бетона .....	31
3.2. Изменение свойств арматуры .....	37
<b>4. РАСЧЕТ ПРЕДЕЛА ОГНЕСТОЙКОСТИ ПО ПОТЕРЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ .....</b>	<b>43</b>
4.1. Общие условия .....	43
4.2. Плиты .....	44
4.3. Балки, ригели, прогоны .....	50
4.4. Колонны .....	53
4.5. Несущие стены .....	58
4.6. Растянутые элементы .....	60
4.7. Расчет на действие поперечной силы .....	62
4.8. Заключение по главе 4 .....	66
<b>Примеры расчетов пределов огнестойкости.....</b>	<b>69</b>
<b>Основные буквенные обозначения .....</b>	<b>83</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>85</b>
<b>Приложение А. Коэффициенты условий работы бетона и арматуры при огневом воздействии .....</b>	<b>88</b>
<b>Приложение Б. Диаграммы деформирования бетона и арматуры при огневом воздействии .....</b>	<b>91</b>
<b>Приложение В. Температуры прогрева бетона в плитах и стенах при одностороннем огневом воздействии стандартного пожара .....</b>	<b>98</b>
<b>Приложение Г. Температуры нагрева арматуры в балках .....</b>	<b>102</b>
<b>Приложение Д. Температуры прогрева бетона в колоннах, балках и ребристых конструкциях .....</b>	<b>104</b>
<b>Приложение Е. Пределы огнестойкости железобетонных колонн и стен из тяжелого бетона .....</b>	<b>123</b>