

Общие сведения о процессе горения.

Основные понятия и определения.

Горение – это химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением большого количества теплоты и свечением.

Окислителем чаще всего является кислород воздуха, иногда – другие химические элементы: хлор, фтор и др. Для возникновения процесса горения необходимо наличие горючего вещества, окислителя и источника зажигания.

Горючим называется вещество (материал, смесь, конструкция), способное самостоятельно гореть после удаления источника зажигания.

Под **источником зажигания** понимают горячее или раскаленное тело, а также электрический разряд, обладающие запасом энергии и температурой, достаточной для возникновения горения других веществ (пламя, искры, раскаленные предметы, выделяемая при трении теплота и др.).

Необходимым и достаточным условием для горения при пожаре обычно представляют в виде «классического треугольника пожара» (рис. 1): горючее – окислитель – источник воспламенения. Устранив одно из слагаемых треугольника, снижается вероятность возникновения пожара.



Рис. 1 Классический треугольник пожара.

Горение бывает **полное** и **неполное**. Полное горение протекает при достаточном количестве кислорода (не менее 14 %), в результате чего образуются вещества, неспособные к длительному окислению (диоксид углерода, вода, азот и др.). При недостаточном содержании кислорода (менее 10 %) происходит неполное беспламенное горение (тление), сопровождающееся образованием токсичных и горючих продуктов (спиртов, кетонов, угарного газа и т. п.).

Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства. Пожар следует отличать от сжигания, представляющего собой

контролируемое горение внутри или вне специального очага. Разные горючие вещества могут сгорать быстрее или медленнее. Скорость горения характеризуется количеством горючего вещества, сгорающего в единицу времени с единицы площади. В зависимости от скорости процесса различают собственно горение, взрыв и детонацию.

Взрыв – это быстрое превращение вещества (взрывное горение), сопровождающееся образованием большого количества сжатых газов, под давлением которых могут происходить разрушения. Горючие газообразные продукты взрыва, соприкасаясь с воздухом, часто воспламеняются, что обычно приводит к пожару, усугубляющему негативные последствия взрыва. Детонационное горение возникает во взрывоопасной среде при прохождении по ней достаточно сильной ударной волны. При ударном сжатии температура газа может повыситься до температуры самовоспламенения. Происходит химическая реакция. Часть выделившейся теплоты затрачивается на энергетическое развитие и усиление ударной волны, поэтому она перемещается по горючей смеси не ослабевая. Такой комплекс, представляющий собой ударную волну и зону химической реакции, называют детонационной волной, а само явление – детонацией. Детонационное горение вызывает сильные разрушения и поэтому представляет большую опасность при образовании горючих газовых систем. Следует различать термины «самовозгорание» и «самовоспламенение».

Самовозгорание – это явление резкого увеличения скорости экзотермических реакций, приводящее к горению вещества, материала или смеси в отсутствие источника зажигания. Оно может быть тепловое, химическое и микробиологическое. **Самовоспламенение** представляет собой самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени. Температура самовоспламенения большинства горючих жидкостей находится в пределах 250...700 °С (исключения: сероуглерод – 112...150 °С, серный эфир – 175...205 °С), а твердых горючих веществ – 150...700 °С, хотя, например, целлулоид способен самовоспламениться уже при температуре 141 °С.

Показатели, характеризующие взрывопожароопасные свойства веществ и материалов.

Изучение взрывопожароопасных свойств веществ и материалов, обращающихся в процессе производства, является одной из основных задач пожарной профилактики, направленной на исключение горючей среды из системы пожара. В соответствии с ГОСТ 12.1.044-89 по агрегатному состоянию вещества и материалы подразделяются на: Газы - вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25°С и давлении 101,3 кПа (1 атм) превышает 101,3 кПа (1 атм). Жидкости - вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25°С и давлении 101,3 кПа меньше 101,3 кПа. К жидкостям относят также твердые плавящиеся вещества, температура плавления или каплепадения которых меньше 50°С. Твердые вещества и материалы - индивидуальные вещества и их смеси с температурой плавления или каплепадения выше 50°С (например, вазелин +54°С), а также

вещества, не имеющие температуру плавления (например, древесина, ткани и т.п.). **Пыли** - диспергированные (измельченные) твердые вещества и материалы с размером частиц менее 850 мкм (0,85 мм). Номенклатура показателей и их применяемость для характеристики пожаровзрывоопасности веществ и материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1 Показатели и их применяемость для характеристики взрывопожароопасных свойств веществ и материалов

Показатель	Газы	Жидкости	Твердые	Пыли
Группа горючести	+	+	+	+
Температура вспышки	-	+	-	-
Температура воспламенения	-	+	+	+
Температура самовоспламенения	+	+	+	+
Концентрационные пределы воспламенения	+	+	-	+
Условия теплового самовозгорания	-	-	+	+
Кислородный индекс	-	-	+	-
Коэффициент дымообразования	-	-	+	-
Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами	+	+	+	+
Показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов	-	-	+	-

(Знак «+» обозначает применяемость, знак «—» неприменяемость показателя).

Температура вспышки ($T_{всп}$) - наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивое горение при этом не возникает.

Температура воспламенения ($T_{в}$) - наименьшая температура вещества, при которой вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение.

Температура самовоспламенения ($T_{св}$) - наименьшая температура окружающей среды, при которой наблюдается самовоспламенение вещества. Условия теплового самовозгорания - экспериментально выявленная зависимость между температурой окружающей среды, количеством вещества (материала) и временем до момента его самовозгорания.

Температура самонагрева – самая низкая температура вещества, при которой самопроизвольный процесс его нагревания не приводит к тлению или пламенному горению.

Безопасной температурой длительного нагрева вещества считают температуру, не превышающую 90% температуры самонагрева. Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами (взаимный контакт веществ) - это качественный показатель, характеризующий особую пожарную опасность некоторых веществ.

Коэффициент дымообразования – показатель, характеризующий оптическую плотность дыма, образующегося при пламенном горении или термоокислительной деструкции (тлении) определенного количества твердого вещества (материала) в условиях специальных испытаний. Различают 3 группы материалов по дымообразующей способности (табл. 2).

Таблица 2 Группы материалов по дымообразующей способности

Группы материалов по дымообразующей способности	Коэффициент дымообразования, м ² /кг (м ³ /кг)
Малая	до 50 вкл. (до 10 вкл.)
Умеренная	свыше 50 до 500 вкл. (св. 10 до 100 вкл.)
Высокая	свыше 500 (свыше 100)

Примеры дымообразующей способности строительных материалов при тлении (горении), м³/кг: Древесное волокно (береза, осина) — 62. Декоративный бумажно-слоистый пластик — 75. Фанера марки ФСФ — 140. ДВП, облицованная пластиком — 170. Показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов - отношение количества материала к единице объема замкнутого пространства, в котором образующиеся при горении материала газообразные продукты вызывают гибель 50% подопытных животных. Классификация материалов приведена в таблице 3:

Таблица 3 Показатели токсичности веществ и материалов

Класс опасности	Показатель токсичности, г/м ³ , при времени экспозиции, мин			
	5	15	30	60
Чрезвычайно опасные	До 25*	До 17	До 13	До 10
Высокоопасные	25-70	17-50	13-40	10-30
Умеренно опасные	70-210	50-150	40-120	30-90
Малоопасные	Св. 210	Св. 150	Св. 120	Св.90

* Для материалов чрезвычайно опасных по токсичности масса не превышает 25 грамм, чтобы создать смертельную концентрацию в объеме 1 м³ за время 5 мин. Соответственно, за время 15 мин — до 17; 30 мин — до 13; 60 мин — до 10 грамм. Например, при времени экспозиции 15 мин: сосна Дугласа – 21; виниловая ткань - 19; поливинилхлорид - 16; пенополиуретан эластичный - 18 г/м³.

Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения) - кроме твердых.

Нижний (верхний) концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения) — минимальное (максимальное) содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания. Примеры нижнего-верхнего концентрационных пределов, %: ацетилен — 2,2-81; водород — 3,3-81,5; природный газ — 3,8-24,6; метан — 4,8-16,7; пропан — 2-9,5; бутан — 1,5-8,5; пары бензина — 0,7-6; пары керосина — 1-1,3.

Температура тления — температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций окисления, заканчивающихся возникновением тления.

По горючести вещества и материалы подразделяются на три группы: негорючие, трудногорючие и горючие.

Негорючие (несгораемые) — вещества и материалы, не способные к горению в воздухе. Негорючие вещества могут быть пожаровзрыво-опасными (например, окислители или вещества, выделяющие продукты при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом). **Трудногорючие (трудносгораемые)** — вещества и материалы, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после его удаления. **Горючие (сгораемые)** — вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться при воздействии источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

Горючие жидкости (ГЖ) с $T_{всп} < 61^{\circ}\text{C}$ в закрытом тигле или 66°C в открытом тигле относят к легковоспламеняющимся (ЛВЖ). Особо опасными ГЖ называют ЛВЖ с $T_{всп} < 28^{\circ}\text{C}$. Газы считаются горючими при наличии концентрационных пределов воспламенения (КПВ); трудногорючими — при отсутствии КПВ и наличии $T_{св}$; негорючими — при отсутствии КПВ и $T_{св}$. Жидкости считаются горючими при наличии $T_{в}$; трудногорючими — при отсутствии $T_{в}$ и наличии $T_{св}$; негорючими — при отсутствии $T_{в}$, $T_{св}$, $T_{всп}$, температурных и концентрационных пределов распространения пламени (воспламенения).

Классификация строительных, текстильных и кожевенных материалов по пожарной опасности.

Классификация веществ и материалов по пожаровзрывоопасности и пожарной опасности используется для установления требований пожарной безопасности при получении веществ и материалов, применении, хранении, транспортировании, переработке и утилизации. Классификация строительных, текстильных и кожевенных материалов по пожарной опасности основывается на их свойствах и способности к образованию опасных факторов пожара.

Пожарная опасность строительных, текстильных и кожевенных материалов характеризуется следующими свойствами:

- 1) горючесть;

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

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 градусов Цельсия, потеря массы образца - не более 50 процентов, продолжительность устойчивого пламенного горения - не более 10 секунд.

Горючие строительные материалы подразделяются на следующие группы:

1) **слабогорючие** (Г1), имеющие температуру дымовых газов не более 135 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца не более 65 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 20 процентов, продолжительность самостоятельного горения 0 секунд;

2) **умеренногорючие** (Г2), имеющие температуру дымовых газов не более 235 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца не более 85 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 50 процентов, продолжительность самостоятельного горения не более 30 секунд;

3) **нормальногорючие** (Г3), имеющие температуру дымовых газов не более 450 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца более 85 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 50 процентов, продолжительность самостоятельного горения не более 300 секунд;

4) **сильногорючие** (Г4), имеющие температуру дымовых газов более 450 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца более 85 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца более 50 процентов, продолжительность самостоятельного горения более 300 секунд.

По воспламеняемости горючие строительные материалы (в том числе напольные ковровые покрытия) в зависимости от величины критической поверхностной плотности теплового потока подразделяются на следующие группы:

1) **трудновоспламеняемые** (В1), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока более 35 киловатт на квадратный метр;

2) **умеренновоспламеняемые** (В2), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока не менее 20, но не более 35 киловатт на квадратный метр;

3) *легковоспламеняемые* (В3), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока менее 20 киловатт на квадратный метр.

По скорости распространения пламени по поверхности горючие строительные материалы (в том числе напольные ковровые покрытия) в зависимости от величины критической поверхностной плотности теплового потока подразделяются на следующие группы:

1) *нераспространяющие* (РП1), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока более 11 киловатт на квадратный метр;

2) *слабораспространяющие* (РП2), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока не менее 8, но не более 11 киловатт на квадратный метр;

3) *умереннораспространяющие* (РП3), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока не менее 5, но не более 8 киловатт на квадратный метр;

4) *сильнораспространяющие* (РП4), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока менее 5 киловатт на квадратный метр.

По дымообразующей способности горючие строительные материалы в зависимости от значения коэффициента дымообразования подразделяются на следующие группы:

1) с малой дымообразующей способностью (Д1), имеющие коэффициент дымообразования менее 50 квадратных метров на килограмм;

2) с умеренной дымообразующей способностью (Д2), имеющие коэффициент дымообразования не менее 50, но не более 500 квадратных метров на килограмм;

3) с высокой дымообразующей способностью (Д3), имеющие коэффициент дымообразования более 500 квадратных метров на килограмм.

По токсичности продуктов горения горючие строительные материалы подразделяются на следующие группы (см. табл. 3):

1) малоопасные (Т1);

2) умеренноопасные (Т2);

3) высокоопасные (Т3);

4) чрезвычайно опасные (Т4).

Огнестойкость строительных конструкций и способы их огнезащиты.

Для строительных конструкций, а также зданий или сооружений важным фактором является огнестойкость.

Огнестойкость – это способность строительных конструкций сохранять свои рабочие функции под действием высоких температур пожара. Огнестойкость зданий и сооружений делят на пять степеней (I, II, III, IV и V),

которым должны соответствовать пределы огнестойкости строительных конструкций и пределы распространения огня по ним (табл. 4).

Таблица 4 Классификация зданий и пожарных отсеков по конструктивной пожарной опасности

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости строительных конструкций, не менее						
	Несущие элементы здания	Наружные несущие стены	Перекрытия междуэтажные, (в т.ч. чердачные и над подвалами)	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
				Настилы (в том числе с утеплителем)	Фермы, балки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки лестниц
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R30	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R30	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R30	REI 45	R 15
V	не нормируется						

Огнестойкость строительных конструкций характеризуется пределом огнестойкости «II». Под пределом огнестойкости понимают время, по истечении которого конструкция теряет несущую или ограждающую способность. Потеря несущей способности означает обрушение строительной конструкции при пожаре. Потеря ограждающей способности означает прогрев конструкции при пожаре до температур, превышение которых может вызвать самовоспламенение веществ, находящихся в смежных помещениях, или образование в конструкции трещин, через которые могут проникать в соседние помещения продукты горения.

Нормируемые признаки предельных состояний строительных конструкций: потеря несущей способности (R); потеря целостности (E); потеря теплоизолирующей способности (I). Различают фактический и требуемый предел огнестойкости.

Требуемая огнестойкость – тот минимальный предел огнестойкости $P_{тр}$, которым должна обладать соответствующая строительная конструкция, чтобы удовлетворить требованиям пожарной безопасности. Значения требуемых пределов огнестойкости определяют опытным путем. Фактический предел огнестойкости $P_{ф}$ запроектированных или уже функционирующих конструкций определяют расчетным путем.

По пожарной опасности строительные конструкции подразделяются на четыре класса:

- К0 (непожароопасные);
- К1 (малопожароопасные);
- К2 (умереннопожароопасные);
- К3 (пожароопасные).

Поведение железобетонных конструкций при действии высоких температур различно для разных типов конструкций. Предел огнестойкости центрально сжатых железобетонных колонн с гибкой арматурой зависит от

сечения колонн, теплотехнических показателей материала колонн, коэффициента изменения прочности бетона при действии высоких температур. Поэтому при необходимости увеличения пределов огнестойкости колонн рекомендуют увеличение сечения, выбор бетона с меньшим коэффициентом температуропроводности, снижение нагрузки на колонну, выбор бетона с более высокой критической температурой, что достигается подбором вяжущих веществ и соответствующих заполнителей для бетонов или применением жаростойких бетонов.

Повышение пределов огнестойкости свободно опертых плит и балок может быть достигнуто путем увеличения толщины защитного слоя бетона, снижения его температуропроводности, нанесения штукатурок или облицовок из малотеплопроводных материалов, уменьшения нагрузки и выбора арматуры с более высокой критической температурой. Опыты и наблюдения на пожарах показали, что огнестойкость стальных несущих конструкций незначительна, они в основном под действием высоких температур теряют устойчивость.

Предел огнестойкости металлических конструкций ограничивается несколькими минутами и зависит от их сечения и температуры пожара. Особенно неблагоприятные условия работы для металлических конструкций при пожаре создаются в тех случаях, когда они находятся в сочетании с горючими материалами, например деревянные прогоны и обрешетки, горючая кровля, заполнение перекрытий горючими материалами. Такое сочетание вызывает быстрое распространение пожара на значительной площади. Увеличение огнестойкости металлических конструкций осуществляют с помощью технических и проектных решений.

К техническим решениям, замедляющим нагрев конструкций до критических температур, относят применение штукатурки, облицовки вспучивающихся красок. Использование вспучивающихся красок очень выгодно. Окраска слоем 2,5...3 мм по огнезащитному эффекту равноценна штукатурке или облицовочным плитам толщиной 2,5...3 см.

В качестве строительного материала широко применяется древесина. Чтобы предотвратить ее воспламенение, необходимы защитные меры. Древесина, предварительно обработанная защитными средствами, подвергаясь действию огня, будет разлагаться, но не воспламеняется. Вследствие этого горение открытым пламенем не будет возникать и распространяться от действия внешнего источника огня. Кроме общеизвестной и широко применяемой для строительных деревянных конструкций облицовки (штукатурки) обработка древесины может осуществляться с помощью обмазки, окраски, пропитки и минерализации. Обработка древесины окраской состоит в том, что на поверхность древесины наносят плотный слой обмазки или краски, приготовленной из таких веществ, которые сами по себе не горят, достаточно долго не разрушаются в огне и малотеплопроводны. Обработка древесины пропитыванием огнезащитными веществами — антипиренами более эффективно защищает от загорания, чем окраска. Но этот способ огнезащитной обработки более дорог и трудоемок.

