

**ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Т.Г. Шевченко**

Кафедра техносферной безопасности

Здания и сооружения и их устойчивость при пожаре

*Курс лекций для студентов направления 20.03.01
«Техносферная безопасность», квалификация "Бакалавр"
очной и заочной форм обучения.*



Тирасполь, 2018

УДК 699.81(075.8)
ББК Н300.637я73
346

Составители:

Дяговец Е.В., ст. преп.
Огнева Т.В., ст. преп.

Рецензенты:

Жужа Е.Д. – канд.биол.наук, доцент кафедры техносферной безопасности.

Костович Д.Д. – начальник штаба Гражданской защиты ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

346 Здания и сооружения и их устойчивость при пожаре. Курс лекций для студентов направления 20.03.01 «Техносферная безопасность», квалификация «Бакалавр» заочной формы обучения/ Сост.: Е.В. Дяговец, Т.В. Огнева. – Тирасполь, 2018.- 151 с.

В курсе лекций изложены основные сведения о строительных материалах и их поведении в условиях пожара, способы их огнезащиты и пути совершенствования нормирования пожаробезопасности применения материалов в строительстве.

Материал ориентирован на вопросы профессиональных компетенций будущих специалистов.

Адресовано студентам, обучающимся по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность (бакалавриат).

Рекомендовано Научно-методическим советом ПГУ им.Т.Г. Шевченко

© Е.В. Дяговец, Т.В. Огнева, составление, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	
РАЗДЕЛ 1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ПОВЕДЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА	4
Лекция 1. Основные свойства строительных материалов и процессы, происходящие в них в условиях пожара	4
<i>Вопросы для проверки</i>	19
<i>Опорные схемы</i>	20
Лекция 2. Каменные материалы, их поведение в условиях пожара и способы повышения стойкости к его воздействию	24
<i>Вопросы для проверки</i>	42
<i>Опорные схемы</i>	43
Лекция 3. Металлы, сплавы их поведение в условиях пожара и способы повышения стойкости к его воздействию	47
<i>Вопросы для проверки</i>	57
<i>Опорные схемы</i>	58
Лекция 4. Древесина, ее пожарная опасность, способы огнезащиты и оценка их эффективности	61
<i>Вопросы для проверки</i>	69
<i>Опорные схемы</i>	70
Лекция 5. Пластмассы, их пожарная опасность, методы ее исследования и оценки	73
<i>Вопросы для проверки</i>	105
<i>Опорные схемы</i>	106
Лекция 6. Нормирование пожаробезопасного применения материалов в строительстве	108
<i>Вопросы для проверки</i>	118
<i>Опорные схемы</i>	119
Используемая литература	125
Приложение 1	127
Приложение 2	129

Введение

В настоящее время возводится огромное количество различных зданий и сооружений различного назначения. Наряду с типовыми зданиями и сооружениями возводятся и уникальные, не имеющие аналогов в мире.

В строительных конструкциях зданий и сооружений используются различные конструкции, выполненные из материалов, обладающих различной пожарной опасностью.

Бакалавр профиля подготовки «Пожарная безопасность» и профиля «Защита в ЧС» обязан знать основные виды, строение, свойства, область применения строительных материалов и конструкций; свойства, процессы, факторы и параметры, определяющие поведение строительных материалов и конструкций зданий в условиях пожара; нормируемые показатели огнестойкости зданий, строительных конструкций и горючести строительных материалов; сущность, физический механизм действия способов снижения пожарной опасности строительных материалов и повышения огнестойкости строительных конструкций.

Дисциплина «Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре» состоит из двух разделов: строительные материалы и их поведение в условиях пожара (12 час. лек.) и строительные конструкции, здания, сооружения и их поведение в условиях пожара (14 час. лек.).

В курсе лекций «Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре» рассмотрены теоретические вопросы первого раздела, изложены основные сведения о строительных материалах и их поведении в условиях пожара, способы их огнезащиты и пути совершенствования нормирования пожаробезопасности применения материалов в строительстве.

Курс лекций «Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре» ориентирован на вопросы профессиональных компетенций будущих специалистов.

РАЗДЕЛ 1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ПОВЕДЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА

Лекция 1. Основные свойства строительных материалов и процессы, происходящие в них в условиях пожара (2 часа)

Рассматриваемые вопросы:

1. Внешние и внутренние факторы, определяющие поведение строительных материалов в условиях пожара.
2. Основные свойства, характеризующие поведение строительных материалов в условиях пожара.
3. Сущность физико-химических процессов, приводящих к изменению свойств строительных материалов в условиях пожара.

Номенклатура строительных материалов содержит сотни названий. Каждый материал в определенной мере отличается от других внешним видом, химическим составом, структурой, свойствами, областью применения в строительстве и поведением в условиях пожара. Вместе с тем между материалами не только существуют различия, но и множество общих признаков. Под поведением строительных материалов в условиях пожара понимается комплекс физико-химических превращений, приводящих к изменению состояния и свойств материалов под влиянием интенсивного высокотемпературного нагрева. На рис. 1. показана обобщенная схема, в которой перечислены основные факторы, процессы и последствия, которые могут характеризовать поведение различных материалов в условиях пожара. Для того чтобы понять, какие изменения происходят в структуре материала, как меняются его свойства, т.е. как влияют внутренние факторы на поведение материала в условиях пожара, необходимо хорошо знать сам материал: его происхождение, сущность технологии изготовления, состав, начальную структуру и свойства.

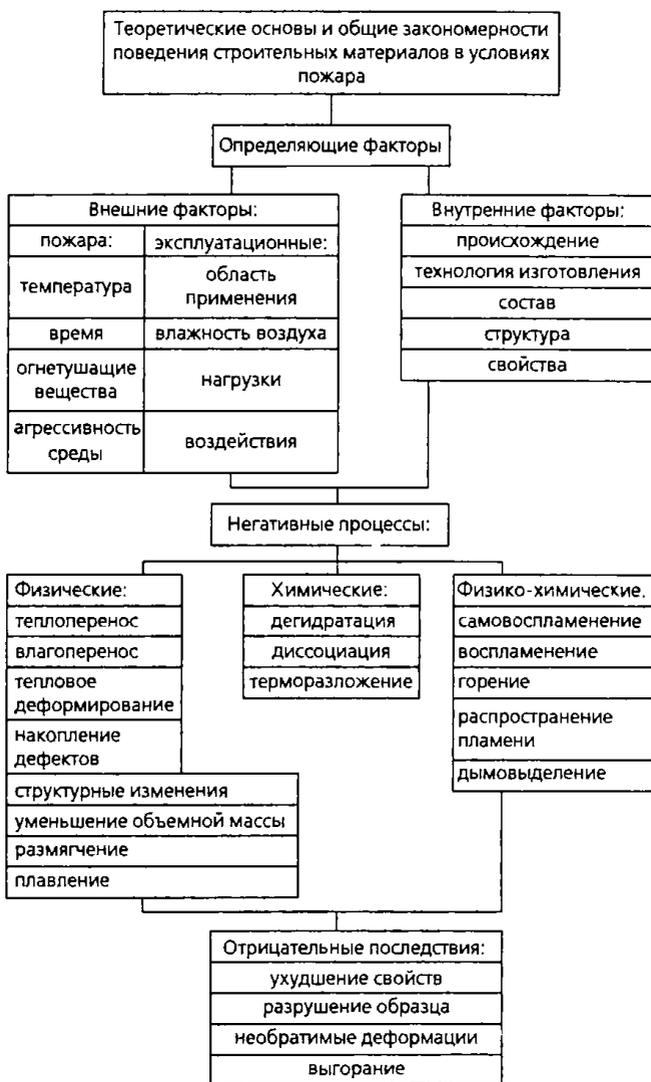


Рис. 1. Структурная схема - ключ к изучению, оценке, прогнозированию и регулированию поведения строительных материалов в условиях пожара и определению области их безопасного применения

В процессе эксплуатации материала в обычных условиях на него воздействуют внешние факторы (эксплуатационные, рис. 1): область применения (для облицовки пола, потолка, стен; внутри помещения с нормальной средой, с агрессивной средой, снаружи помещения и т.п.); влажность воздуха (чем она выше, тем выше влажность пористого материала); различные нагрузки (чем они выше, тем тяжелее материалу сопротивляться их воздействию); природные воздействия (солнечная радиация, температура воздуха, ветер, атмосферные осадки и т.п.), Перечисленные внешние факторы влияют на долговечность материала (ухудшение его свойств в течение времени нормальной эксплуатации).

Чем они агрессивнее (интенсивнее) воздействуют на материал, тем быстрее изменяются его свойства, разрушается структура. При пожаре, помимо перечисленных, на материал воздействуют и значительно более агрессивные факторы, такие, как: высокая температура окружающей среды; время (продолжительность) нахождения материала под воздействием высокой температуры; воздействие огнетушащих веществ; воздействие агрессивной среды. В результате воздействия на материал внешних факторов пожара в материале могут протекать те или иные негативные процессы (в зависимости от вида материала, его структуры, состояния в период эксплуатации). Прогрессирующее развитие негативных процессов в материале ведет к отрицательным последствиям (рис. 1).

Свойствами называют [1] способность материалов реагировать на воздействие внешних и внутренних факторов: силовых, влажностных, температурных и др. Все свойства материалов взаимосвязаны. Они зависят от вида, состава, строения материала. Ряд из них оказывает более существенное, другие - менее существенное влияние на пожарную опасность и поведение материалов в условиях пожара. Применительно к изучению и объяснению характера поведения строительных материалов в условиях пожара предлагается в качестве основных рассмотреть следующие свойства:

1. Физические свойства: объемная масса, плотность, пористость, гигроскопичность, водопоглощение, водопроницаемость, паро- и газопроницаемость.

2. Механические свойства: прочность, деформативность.

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

4. Свойства, характеризующие пожарную опасность материалов: горючесть, тепловыделение, дымообразование, выделение токсичных продуктов.

Свойства материалов обычно характеризуют соответствующими числовыми показателями, которые определяют с помощью экспериментальных методов и средств.

Свойства, характеризующие пожарную опасность строительных материалов

Под *пожарной опасностью* принято понимать вероятность возникновения и развития пожара, заключенную в веществе, состоянии или процессе.

Согласно СНиП 21-01-97*[10] пожарная опасность строительных материалов определяется следующими пожарно-техническими характеристиками (свойствами материалов): *горючестью, воспламеняемостью, распространением пламени по поверхности, дымообразующей способностью и токсичностью продуктов горения*. Для оценки степени пожарной опасности строительных материалов используют количественные показатели.

Горючесть - свойство, характеризующее способность материала гореть.

Согласно СНиП 21-01-97* [10] («Пожарная безопасность зданий и сооружений») строительные материалы по горючести подразделяют на две основные группы: *негорючие (НГ) и горючие (Г)*.

Согласно ГОСТ 12.1.044-89 [8] *негорючие (несгораемые)* - материалы, не способные к горению на воздухе.

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

Горючие (сгораемые) - вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

Экспериментальную оценку показателя группы горючести строительных материалов проводят по ГОСТ 30244-94 [5], согласно ГОСТ 30244-94 [5] и СНиП 21-01-97* [10] горючие материалы подразделяются на 4 группы: *Г1 - слабогорючие, Г2 - умеренногорючие, Г3 - нормальногорючие, Г4 - сильногорючие.*

Воспламеняемость - способность материала воспламениться от источника зажигания, либо при нагреве до температуры самовоспламенения.

Экспериментальную оценку показателя воспламеняемости строительных материалов производят по ГОСТ 30402-96 [6]. Согласно ГОСТ 30402-96 [6] и СНиП 21-01-97* [10] горючие материалы по воспламеняемости подразделяют на 3 группы: *В1 - трудновоспламеняемые, В2 - умеренновоспламеняемые, В3 - легковоспламеняемые.*

Распространение пламени - способность образца материала распространять пламя по поверхности в процессе его горения.

Экспериментальную оценку показателя (группы) распространения пламени по строительным материалам производят по ГОСТ 30444-97 (ГОСТ Р 51032-97). Согласно ГОСТ 30444-97 [7] и СНиП 21-01-97* [10] горючие материалы по способности распространять пламя по поверхности делят на 4 группы: *РП1 - нераспространяющие, РП2 - слабо-распространяющие, РП3 - умереннораспространяющие, РП4 - сильнораспространяющие пламя.*

Дымовыделение - способность материала выделять дым при горении, характеризуется коэффициентом дымообразования, определяемым по ГОСТ 12.1.044-89 [8].

Коэффициент дымообразования - величина, характеризующая оптическую плотность дыма, образующегося

при сгорании образца материала в экспериментальной установке.

По величине коэффициента дымообразования строительные материалы подразделяются на 3 группы: Д1 - с малой дымообразующей способностью, Д2 - с умеренной дымообразующей способностью, Д3 - с высокой дымообразующей способностью.

В процессе горения (разложения, тления) органические материалы способны выделять токсичные пары и газы, это свойство характеризуется показателем (индексом) токсичности, который определяют по ГОСТ 12.1.044-89 [8].

Показатель (индекс) токсичности продуктов горения материалов - отношение количества материала к единице объема камеры экспериментальной установки, при сгорании которого выделяющиеся продукты вызывают гибель 50% подопытных животных.

По показателю токсичности строительные материалы подразделяются на 4 группы: Т1 - малоопасные, Т2 - умеренноопасные, Т3 - высокоопасные, Т4 - чрезвычайно опасные.

Помимо рассмотренных свойств и показателей пожарной опасности, регламентируемых СНиП 21-01-97* [10], для более полной оценки пожарной опасности строительных и других твердых материалов с помощью методов, включенных в ГОСТ 12.1.044-89 [8], в исследовательской практике оценивают и ряд других показателей, в частности: *температуры воспламенения и самовоспламенения, кислородный индекс, индекс распространения пламени, скорость распространения пламени, теплоту сгорания материала.*

Температура воспламенения (t_0) - минимальная температура, при которой интенсивность выделения газообразных горючих продуктов разложения достаточна для их зажигания внешним источником и поддержания самостоятельного горения материала при устранении внешнего источника.

Температура самовоспламенения (t_{cv}) - самая низкая температура материала, при которой в условиях специальных испытаний происходит интенсивное увеличение скорости экзотермической реакции, заканчивающейся пламенным горением.

Кислородный индекс (КИ) - минимальная концентрация кислорода (%), необходимая для устойчивого горения материала.

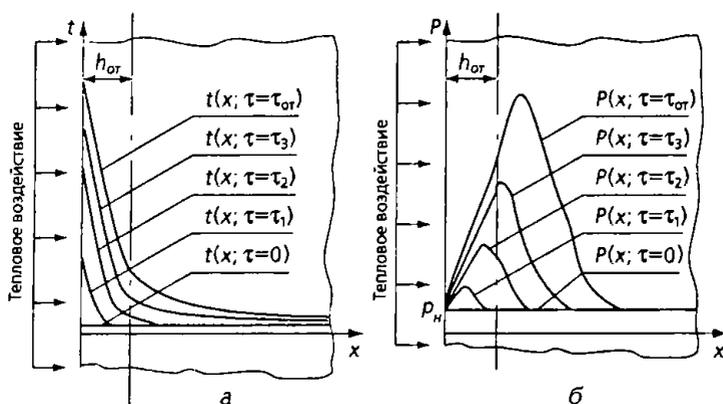
Индекс распространения пламени - условный безразмерный показатель, характеризующий способность материала распространять пламя по поверхности.

Скорость распространения пламени по поверхности материала (V , м/с) - скорость перемещения фронта пламени относительно несгоревшего участка.

Теплота сгорания (Q_H , МДж/кг) - количество тепла, выделяющегося при полном сгорании единицы массы материала.

Физические процессы

Теплоперенос (теплопередача) - непрерывное перемещение теплового потока от обогреваемой поверхности образца материала (изделия) вглубь (в направлении необогреваемой поверхности - при одностороннем обогреве, рис. 2,а [1]).



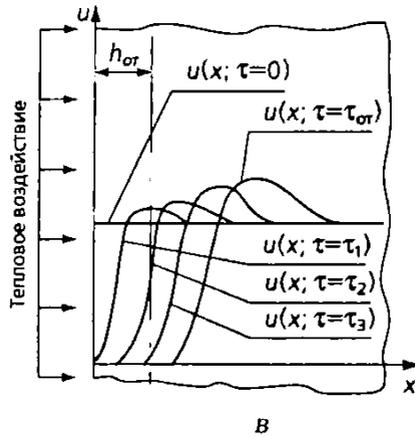


Рис. 2. Характер изменения тепло-влажностных характеристик: а-температуры, С б-давления пара, Р; в - влагосодержания, и образца материала по толщине и в конкретной точке, в различные моменты времени, t , при одностороннем высокотемпературном нагреве (x - координата по толщине образца, t - моменты времени от начала нагрева, - время откола куска толщиной $L_{от}$ при взрывообразном разрушении [1].

Основным показателем, характеризующим развитие этого процесса, является температура материала (t - потенциал теплопереноса). Параметрами, необходимыми для количественной оценки протекания процесса теплопереноса и расчета изменения основного показателя (t) при пожаре являются теплофизические характеристики материала (λ, c, a).

Влагоперенос - отражает процесс перемещения влаги в пористой структуре материала одновременно с развитием процесса теплопереноса.

Поскольку отмеченные процессы действуют одновременно, часто их рассматривают как один процесс тепло-влагопереноса. Однако учитывая, что процесс влагопереноса несколько сложнее для понимания, рассмотрим его автономно. При нагреве материала до температуры 100°C

влага, содержащаяся в порах, претерпевает температурное расширение, что увеличивает давление на стенки пор, вызывает увеличение внутренних напряжений в материале и снижает его прочность. Дальнейший нагрев материала приводит к переходу воды, содержащейся в порах, в парообразное состояние. При этом сначала влага испаряется с обогреваемой поверхности материала. Затем фазовый переход влаги в пар происходит в так называемой «зоне испарения», которая по мере прогрева постепенно перемещается в глубь образца (строительной конструкции) под влиянием процесса теплопереноса. Учитывая, что объем пор в твердом материале во время нагрева практически не изменяется, интенсивное парообразование (с 1 л воды получается 1700 л пара при нормальных условиях) приводит к быстрому росту давления в порах материала (см. рис. 2, б). По мере перемещения зоны испарения вглубь образца материала (изделия) давление в ней возрастает.

Так образуется градиент давления по толщине образца материала (изделия, см. рис. 2, б). Поскольку давление пара действует во все стороны одинаково, часть пара под его влиянием фильтруется наружу через образовавшуюся «сухую» зону материала в сторону обогреваемой поверхности. Другая часть пара под действием давления из зоны испарения перемещается в глубь материала, где конденсируется в более холодных его слоях, образуя «зону повышенного влагосодержания». При этом в течение определенного времени за зоной повышенного влагосодержания остается «зона начального влагосодержания» материала.

Влагоперенос приводит к созданию градиента влагосодержания материала по толщине образца (изделия). По мере прогрева материала (под влиянием процесса теплопереноса) ширина зоны начального влагосодержания постепенно уменьшается вплоть до полного ее исчезновения. Кроме того, под действием избыточного давления в сторону необогреваемой поверхности изделия влага выделяется из пор материала и стекает вниз. Затем и эта зона исчезает - по мере достижения зоной испарения необогреваемой поверхности.

Если обогрев изделия происходит с нескольких сторон, то и зона испарения образуется соответственно с нескольких сторон и по мере прогрева материала перемещается в глубь (рис. 2,в).

Основным показателем процесса влагопереноса является избыточное давление (Р) пара в зоне испарения. Давление пара является одним из основных стимуляторов процесса разрушения (накопления нарушений, повреждений структуры) материала. При превышении избыточным давлением некоторой критической величины этот процесс может привести к явлению взрывообразной потери целостности образца (изделия) материала.

В том случае, если величина избыточного давления ниже определенного, характерного для данного материала значения, то удаление физически связанной влаги не приводит к явлению взрывообразной потери целостности. При этом после нагрева до температур порядка 100...250°С может происходить даже некоторое повышение прочности материала. Это обусловлено в основном снятием капиллярного давления влаги на стенки пор материала.

Деформирование образцов материала (изделий) при воздействии пожара происходит в результате влияния ряда факторов, внутренних и внешних, в частности: температуры материала, его влагосодержания, внешнего силового воздействия на образец материала (конструкцию). Под влиянием перечисленных факторов в условиях пожара образцы материала (изделия) могут претерпевать следующие виды деформаций:

- *температурные деформации расширения* происходят в результате процесса теплопереноса, приводящего к увеличению межатомных расстояний в материале вследствие превращения тепловой энергии в кинетическую энергию атомов, подвижность которых при этом возрастает по мере повышения температуры материала:

- температурно-влажностные деформации капиллярно-пористых материалов при нагреве, которые обусловлены действием процесса тепловлагопереноса;
- температурно-влажностно-силовые деформации материала происходят в результате суммарного действия внешней нагрузки на конструкцию (а, следовательно, и материал) и температурно-влажностных процессов;
- накопление дефектов (разрушение материала).

Существует несколько теорий разрушения материалов. Их условно можно разделить на 2 группы: *классическая теория, основанная на науке о сопротивлении материалов и кинетическая теория.*

Известны ряд классических теорий (и их модификаций) прочности (разрушения) твердых тел. Их основы были заложены в исследованиях Галилея, Мариотта, Кулона, Сен-Венана, Губера, Бельтрами, Мизеса, Мора и др., а затем получили дальнейшее развитие в работах Гриффитса, Дегтярева В.П., Панферова В.М., Ужика Г.В. и др. Все эти теории основаны на предположении о существовании некоторого критического, порогового напряжения, после достижения которого наступает мгновенное разрушение материала (изделия). При напряжении меньше предельного предполагается, что твердое тело будет оставаться сплошным сколько угодно долго и такое напряжение считается безопасным. Следовательно, разрыв твердого тела рассматривается как критическое событие, а предел прочности принимается за константу твердого тела. Иными словами, под разрушением эти теории подразумевают мгновенный акт, которому лишь предшествует процесс роста напряжений в материале, однако с его структурой и свойствами ничего не происходит. Следовательно, основной характеристикой, используемой данными теориями при констатации факта разрушения материала, является его предел прочности. Учитывая, что эту характеристику просто определять экспериментально и она изменяется при нагреве материалов в условиях пожара, ее используют в расчетах

изменения несущей способности конструкций в условиях пожара (статическая часть задачи огнестойкости конструкций).

О кинетической теории прочности (разрушения) твердых тел можно сказать следующее. Сравнительно недавно в практике эксплуатации жаропрочных сплавов при высоких температурах и полимеров при умеренных температурах столкнулись с явлением так называемой «статической усталости». Было обнаружено, что при статическом нагружении образца вне зависимости от величины действующего напряжения происходит его разрушение и тем быстрее, чем выше эта величина. Явление статической усталости оказалось универсальным, т.е. присущим всем твердым материалам. Разрушение в этом случае представляет собой необратимый кинетический процесс постепенного накопления внутренней поврежденности (дефектов, нарушений) структуры материала, ускоряемый температурой. Экспериментальные исследования поведения ряда твердых строительных материалов (бетона, асбестоцемента, стали) в условиях пожара показали, что процесс разрушения этих материалов при пожаре подчиняется кинетическому закону.

Изменение структуры (модификационные или аллотропические превращения) материала характерно для металлов (сталей) отдельных минералов при изменении температуры (нагреве, охлаждении).

Изменение свойств материалов происходит в результате действия физических и химических процессов в материалах, что ведет, соответственно, к изменению и числовых показателей, характеризующих эти свойства. Так, в зависимости от температуры изменяются теплофизические, механические характеристики материалов. Изменение структуры и даже состава материалов в результате воздействия пожара ведет к уменьшению объемной массы, увеличению пористости, проницаемости, водопоглощения и т.п.

Размягчение - свойственно преимущественно аморфным материалам при нагреве, в частности, отдельным видам полимеров (термопластичных). Это приводит к повышению их

пластичности (текучести) и, соответственно, к снижению упругости, прочности, повышению деформативности.

В существенно меньшей мере, чем аморфные материалы, процессу размягчения подвержены кристаллические материалы (металлы, искусственные каменные материалы) при нагреве. Однако даже незначительное повышение пластичности способствует развитию температурной ползучести этих материалов при нагревании в нагруженном состоянии. Основным показателем рассматриваемого процесса является температура размягчения.

Изменение агрегатного состояния у кристаллических материалов - фазовый переход из твердого состояния в жидкое (и обратно) происходит при определенной температуре плавления. Температура плавления совпадает с температурой затвердевания. При этом в процессе плавления или затвердевания температура материала не изменяется. Данный процесс, во-первых, приводит к снижению прочности материалов до нуля. Во-вторых, пары и газы, которые при этом выделяются, могут оказаться горючими.

Химические процессы

Дегидратация - химическая реакция отщепления от молекулы вещества химически связанной воды. Этот процесс, например, характерен для ряда природных каменных материалов, в частности, гипса:



а также для искусственных каменных материалов, изготовленных на минеральных вяжущих веществах и др.

Дегидратация молекул компонентов приводит, в частности, к усадке материала, например, цементного вяжущего в искусственных каменных материалах (бетоне, асбестоцементе). В то же время другие компоненты композиционных материалов (например, бетонов) могут расширяться, что приводит к возникновению внутренних усилий в материале, созданию напряженного его состояния, накоплению повреждений - разрушению (снижению прочности).

Диссоциация - расщепление (распад) молекул. Эта химическая реакция свойственна, в частности, природным

каменным материалам, например, при температуре порядка 900°C протекает реакция диссоциации известняка (карбоната кальция)



Она характерна также для минеральных вяжущих веществ, которые являются основой искусственных каменных материалов. Эта реакция приводит к снижению объемной массы, прочности материала, увеличению его пористости.

Химическое разложение твердых материалов состоит в том, что при повышении их температуры до определенного для каждого материала значения (температуры начала деструкции) начинается процесс разрыва химических связей с образованием более простых компонентов (твердых, жидких, газообразных). Причем с повышением температуры скорость химических реакций возрастает. Термическое разложение является чрезвычайно сложным процессом, зависящим от множества параметров. Этот процесс можно разделить на 3 разновидности.

1. *Термическая деструкция*, при которой сложные молекулы распадаются на более простые звенья.

2. *Пиролиз* - процесс глубокого расщепления продуктов деструкции вплоть до образования простейших молекул.

3. *Термоокислительное разложение* при участии кислорода воздуха.

Процесс термоокислительного разложения носит выраженный экзотермический характер и зачастую приводит к воспламенению материала.

Процесс разложения материалов при повышенных температурах сопровождается образованием газообразных, жидких веществ, обладающих токсичным действием. Для большинства материалов общим токсичным компонентом продуктов разложения и горения является оксид и диоксид углерода (CO, CO₂). Наряду с указанными органические материалы выделяют и другие токсичные продукты, виды которых зависят от химического состава горящего материала.

Таким образом, и химические процессы приводят к разрушению (снижению прочности) материалов и другим негативным последствиям, в частности, горению.

Физико-химические процессы

Основным физико-химическим процессом, который происходит с органическими строительными материалами в условиях пожара, является процесс горения.

Глубоко и всесторонне этот процесс, его законы и теоретические основы рассматривают при изучении дисциплины «Теоретические основы процессов горения».

Горение - сложный физико-химический процесс превращения горючих материалов в продукты горения, сопровождающийся выделением тепла и света.

Процесс горения включает совокупность составляющих его процессов: *воспламенения, распространения пламени, тепловыделения, дымовыделения.*

Воспламенение - процесс принудительного зажигания горючей смеси, т.е. инициирование горения высоконагретым источником зажигания.

Горение строительных материалов в условиях пожара сопровождается процессом распространения пламени.

Распространение пламени является непрерывным процессом, происходящим за счет тепла, высвобождающегося в результате химической реакции и передвигающегося к несгоревшей части поверхности материала.

Тепловыделение является следствием процесса (сопутствующим процессом) горения строительных (и не только строительных) материалов в условиях пожара. Выделяющееся тепло идет частично на нагрев несгоревшей части горящего материала (на подготовку ее к горению), других горючих материалов, составляющих пожарную нагрузку помещения, на нагрев (теплоперенос) негорючих материалов строительных конструкций.

Дымовыделение также является сопутствующим процессом горения. На пожарах, как правило, горение происходит при недостатке окислителя, что приводит к образованию продуктов неполного сгорания и дымовыделению. Дым представляет

собой аэрозоль, состоящий как из твердых (сажи, золы), так и жидких частиц. Оптические свойства дыма характеризуются способностью поглощать и рассеивать свет, что является причиной снижения видимости в задымленном пространстве и ограничения возможности эвакуации людей при пожаре.

Интенсивность дымообразования определяется химической природой материала, а задымление помещений зависит от количества дымообразующих материалов, условий развития пожара, воздействия тепловых потоков от очага пожара и времени. Наибольшее дымообразование достигается при горении в режиме пиролиза материалов (подготовки их к горению) и тления. Дым обычно содержит токсичные продукты горения.

Вопросы для проверки:

1. Основные свойства строительных материалов.
2. Оценка поведения строительных материалов в условиях пожара.
3. Виды строительных материалов и их классификация.
4. Факторы, влияющие на поведение строительных материалов в условиях пожара.
5. Классификация основных свойств строительных материалов.
6. Область применения и прогнозирование поведения строительных материалов в условиях пожара по их основным свойствам.



Схема 1. Классификация строительных материалов по технологическому признаку

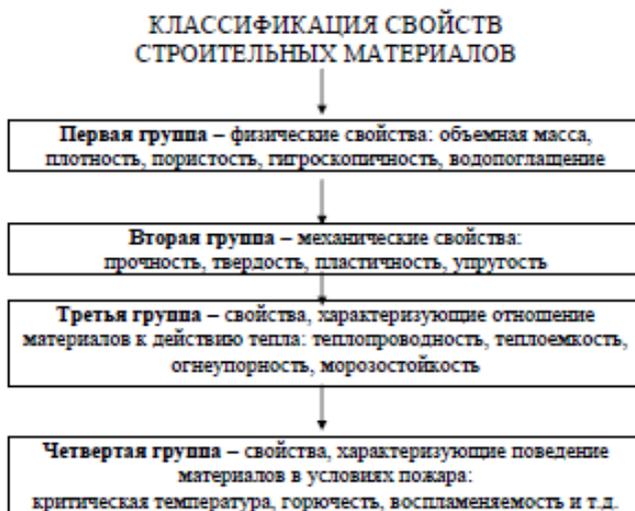


Схема 2. Классификация свойств строительных материалов



Схема 3. Факторы, влияющие на поведение строительных материалов в условиях пожара



Схема 4. «Внутренние» факторы

ФАКТОРЫ ПОЖАРА

1. Температурный режим и продолжительность пожара.
2. Средства пожаротушения.
3. Агрессивная среда при пожаре (токсичность продуктов горения, разрушающая материалы).

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ

1. Область применения материала.
2. Внешняя нагрузка.
3. Условия эксплуатации.

Схема 5. Факторы пожара. Эксплуатационные факторы

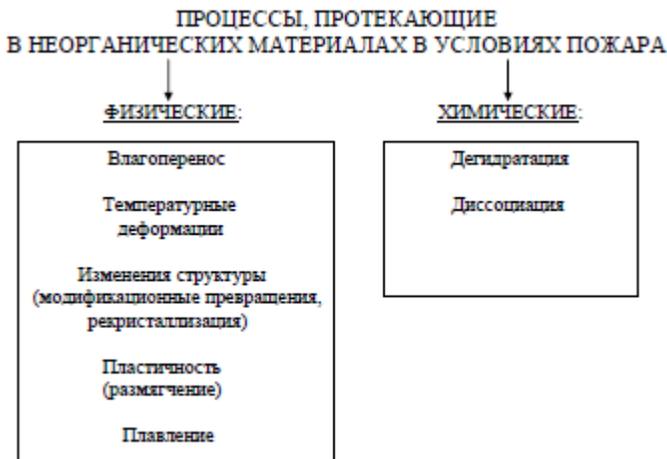


Схема 6. Процессы, протекающие в неорганических материалах в условиях пожара

ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА:

1. Удаление физически связанной воды и капиллярной влаги.
2. Межмолекулярная дегидратация и диссоциация.
3. Делоплимеризация.
4. Термоокислительная деструкция.

Схема 7. Процессы, протекающие в органических материалах в условиях пожара

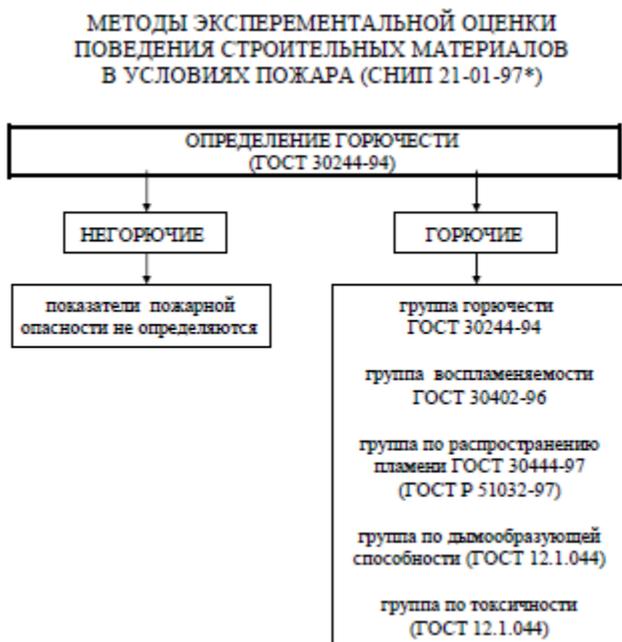


Схема 8. Методы экспериментальной оценки поведения строительных материалов в условиях пожара

Лекция 2. Каменные материалы, их поведение в условиях пожара и способы повышения стойкости к его воздействию (2 часа)

Рассматриваемые вопросы:

1. Структурная схема-ключ к изучению, оценке, прогнозированию и регулированию поведения минеральных (каменных) материалов в условиях пожара и определению области их применения.
2. Общие закономерности и специфические особенности поведения каменных материалов в условиях пожара.
3. Особенности поведения природных каменных материалов в условиях пожара.
4. Особенности поведения неорганических вяжущих веществ при нагревании.
5. Особенности поведения искусственных каменных материалов при нагревании.
6. Способы повышения стойкости каменных материалов к воздействию пожара.

Для прогнозирования и регулирования поведения каменных материалов в условиях пожара необходимо знать их происхождение (сущность технологии изготовления), состав, структуру, свойства, т.е. комплекс внутренних факторов, влияющих на поведение материала в условиях пожара (рис. 3). Учитывая, что ряд искусственных каменных материалов (например, тяжелый бетон) могут представлять собой композицию из неорганического вяжущего вещества и заполнителя в виде измельченной горной породы, их поведение в условиях пожара будет зависеть как от автономного поведения составляющих их компонентов, так и от их взаимодействия. Поэтому представляется целесообразным лишь после ознакомления с отдельными простыми материалами и их поведением в условиях пожара рассмотреть более сложные материалы — конгломераты.

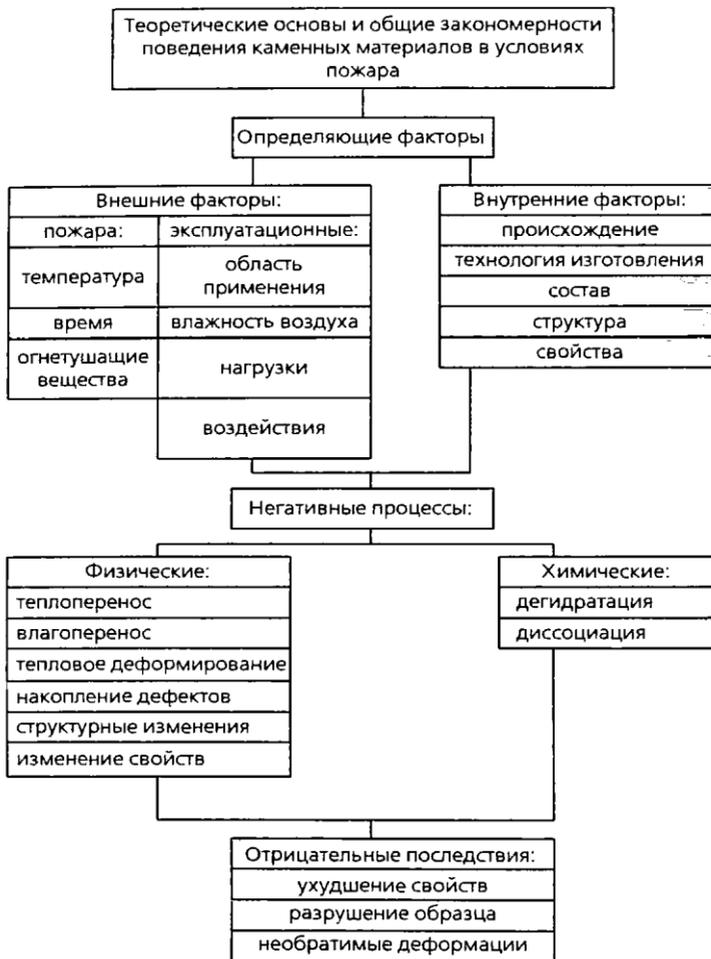


Рис. 3. Структурная схема-ключ к изучению, оценке, прогнозированию и регулированию поведения минеральных (каменных) материалов в условиях пожара и определению области их применения

Природные (естественные) каменные материалы получают из недр земли путем добычи и обработки горных пород, придавая определенную форму и рациональные размеры, но не изменяя их внутреннего строения, состава, а, следовательно, и свойств. Горные породы состоят из порообразующих минералов.

Изучением поведения каменных материалов в условиях пожара занимались в течение нескольких десятилетий многие исследователи нашей страны. На основе анализа и обобщения результатов исследований отечественных ученых К.Д.Некрасова, А.Ф.Милованова, В.В.Жукова, М.Я.Ройтмана, Н.И.Зенкова, В.М.Ройтмана, Е.А.Мешалкина можно выявить общие закономерности поведения каменных материалов в условиях пожара (см. рис. 3, который является частным случаем общей схемы, показанной на рис. 1.). Согласно этой схеме на влажный капиллярно-пористый каменный материал (характеризуемый внутренними факторами), находящийся в условиях эксплуатации в течение определенного времени (под негативным воздействием внешних эксплуатационных факторов), действуют агрессивные факторы пожара. В результате их действия в материале происходят негативные процессы, приводящие к отрицательным последствиям. Характер поведения каменных материалов в условиях пожара в принципе одинаков для всех материалов, отличаются лишь количественные показатели. Специфические особенности обусловлены действием лишь внутренних факторов, присущих анализируемому материалу (при анализе поведения материалов в идентичных условиях действия внешних факторов).

Рассмотрим характерные особенности, присущие поведению видов материалов в условиях пожара.

Мономинеральные горные породы (гипс, известняк, мрамор и др.) при нагреве ведут себя более спокойно, чем полиминеральные. Они претерпевают в начале свободное тепловое расширение, освобождаясь от физически связанной влаги в порах материала. Это не приводит, как правило,

к снижению прочности и даже может наблюдаться ее рост при спокойном удалении свободной влаги. Затем в результате действия химических процессов дегидратации (если материал содержит химически связанную влагу) и диссоциации материал претерпевает постепенное разрушение (снижение прочности практически до нуля). Полиминеральные горные породы ведут себя в основном аналогично мономинеральным, за исключением того, что при нагреве возникают значительные напряжения, обусловленные различными величинами коэффициентов теплового расширения у компонентов, входящих в состав горной породы. Это приводит к разрушению (снижению прочности) материала. Проиллюстрируем особенности поведения мономинеральных и полиминеральных горных пород при нагреве на примере двух материалов: *известняка* и *гранита*.

Известняк — мономинеральная горная порода, состоящая из минерала кальцита CaCO_3 . Нагревание кальцита до 600°C не вызывает значительных изменений минерала, а сопровождается лишь его равномерным расширением. Выше 600°C (теоретическая температура 910°C) начинается диссоциация кальцита по реакции $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}$, в результате которой образуются углекислый газ (до 44% по массе от исходного материала) и рыхлый низкопрочный оксид кальция, что вызывает необратимое снижение прочности известняка. При испытании материала при нагреве, а также после нагрева и остывания в ненагруженном состоянии. Н.И. Зенковым [3] было установлено, что при нагревании известняка до 600°C происходит увеличение его прочности на 78% в связи с удалением физически связанной (свободной) влаги из микропор материала. Затем прочность снижается: при 800°C она достигает первоначальной, а при 1000°C прочность составляет всего 20% от начальной (до нагрева, рис. 4).

Следует иметь в виду, что в процессе охлаждения большинства материалов после высокотемпературного нагрева продолжается изменение (чаще — снижение) прочности. Снижение прочности известняка до первоначальной происходит после нагрева до 700°C с последующим остыванием (в горячем

состоянии до 800°C). Поскольку процесс диссоциации CaCO_3 протекает со значительным поглощением тепла ($178,5 \text{ кДж/кг}$), и образующийся при этом пористый оксид кальция обладает малой теплопроводностью, слой CaO создает на поверхности материала теплозащитный барьер, несколько замедляющий дальнейший прогрев известняка в глубь. При контакте с водой при тушении пожара (либо влагой из воздуха после остывания материала) происходит повторно реакция гидратации образовавшейся при высокотемпературном нагреве негашеной извести CaO . Причем эта реакция протекает с остывшей известью $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 65,1 \text{ кДж}$. Образующийся при этом гидроксид кальция увеличивается в объеме и является очень рыхлым и непрочным материалом, который легко разрушается.

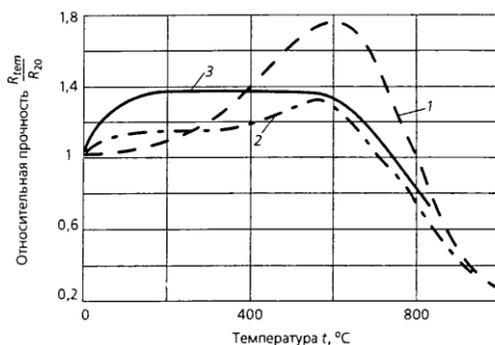


Рис. 4. Изменение относительной прочности известняка при нагревании в ненагруженном состоянии: 1 - в горячем состоянии; 2- после остывания; 3-лэнные МЛ. Ройтмана - изменения прочности известняка после нагрева и остывания [1]

Рассмотрим теперь поведение *гранита* при нагревании. Поскольку гранит — полиминеральная горная порода, состоящая из полевого шпата кварца и слюды, его поведение в условиях пожара будет во многом определяться поведением этих компонентов. Установлено, что график зависимости коэффициента изменения прочности гранита от температуры

можно условно разделить на несколько участков, отражающих характер проходящих в граните процессов (рис. 5).

1. После нагревания гранита до 200°C и последующего остывания наблюдается увеличение прочности на 60%, связанное со снятием внутренних напряжений, возникших в период образования гранита в результате неравномерного охлаждения расплавленной магмы, и разницы величины коэффициентов температурного расширения минералов, составляющих гранит. Кроме того, увеличение прочности в некоторой степени, видимо, также обусловлено удалением свободной влаги из микропор гранита.

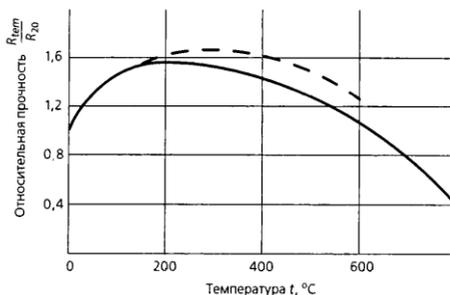


Рис 5. Изменение относительной прочности гранита после нагрева до заданных температур в ненагруженном состоянии и последующего остывания:—после одночасового нагрева; — после восьмичасового нагрева [1]

2. При температуре выше 200°C начинается постепенное снижение прочности, которое объясняется возникновением новых внутренних напряжений, связанных с различием коэффициентов термического расширения минералов.

3. Уже значительное снижение прочности гранита наступает выше 575°C из-за изменения объема кварца, претерпевающего модификационное превращение (5-кварц в α -кварц). При этом в граните невооруженным глазом можно обнаружить образование трещин. Однако суммарная прочность гранита в рассмотренном температурном интервале еще

остается высокой: при 630°C предел прочности гранита равен начальному значению.

4. В диапазоне температур 750...800°C и выше продолжается снижение прочности гранита за счет дегидратации и диссоциации минералов полевого шпата и слюды, а также модификационного превращения кварца из а-кварца в α-тридимит при 870°C. При этом в граните образуются более глубокие трещины. Предел прочности гранита при 800°C составляет всего 35% от первоначального значения. Установлено, что скорость прогрева оказывает влияние на изменение прочности гранита. Так, при быстром (одночасовом) нагреве прочность его начинает снижаться после 200°C, в то время как после медленного (восьмичасового) — лишь с 350°C.5.

Таким образом, можно сделать *вывод*, что известняк (мономинеральная горная порода) является более стойким к нагреванию материалом, чем гранит (полиминеральная порода). Известняк практически полностью сохраняет свою прочность после нагревания до 700°C, гранит — до 630°C и последующего остывания. Кроме того, известняк претерпевает значительно меньшее температурное расширение, чем гранит. Это важно учитывать при оценке поведения искусственных каменных материалов в условиях пожара, в которые гранит и известняк входят в качестве заполнителей, например, бетона. Также следует учитывать, что после прогрева до высоких температур и последующего остывания природных каменных материалов их прочность не восстанавливается.

При пожаре в неорганических вяжущих веществах происходят в основном те же процессы, которые имели место при их получении из исходного сырья (природных каменных материалов) путем варки либо обжига при высоких температурах. Эти процессы приводят в итоге к снижению прочности в результате разрушения материалов [1]. Как известно, известь в чистом виде в строительстве не применяют. Однако, чтобы лучше понять, как будут вести себя в условиях пожара материалы на основе извести, рассмотрим поведение при нагревании чистого известкового камня. При его нагреве

происходят следующие процессы: удаление свободной воды (до температуры 150...200°C) приводит к некоторому повышению прочности; дегидратация гидроксида кальция при 430-580°C; диссоциация карбоната кальция (выше 600°C) приводит к ее снижению: $\text{Ca}(\text{OH})^2 = \text{CaO} + \text{H}^2\text{O}$; $\text{CaCO}^3 = \text{CaO} + \text{CO}^2$. Образование при этом поверхностного слоя из оксида кальция, обладающего более низкой теплопроводностью, чем (CaCO^3) , несколько задерживает прогрев известкового камня и замедляет снижение прочности. Однако, вторичное гашение CaO в период охлаждения при соединении его с влагой воздуха и при тушении пожара водой является причиной интенсивного растрескивания известкового камня и приводит к полной потере прочности. При анализе поведения в условиях пожара материалов и изделий на основе воздушной извести необходимо учитывать влияние других компонентов, в частности, кварцевого песка. Изменяя модификацию кварца при 575°C, кварцевый песок расширяется (+ 2,4%), а известковый камень претерпевает усадку. Это ведет к возникновению внутренних напряжений и к снижению прочности. У затвердевшего гипсового вяжущего при нагреве выше 65 °C уже начинается процесс его дегидратации по реакции $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}^2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5 \text{H}^2\text{O}$. Прочность при этом снижается более чем в 2 раза (рис. 6). Около 400°C заканчивается дегидратация гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}^2\text{O} = \text{CaSO}_4 + 0,5\text{H}^2\text{O}$. Прочность теряется практически полностью. Выше 900°C распадается ангидрид по реакции диссоциации $2\text{CaSO}_4 = 2\text{CaO} + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2$, что снижает прочность гипса до нуля.

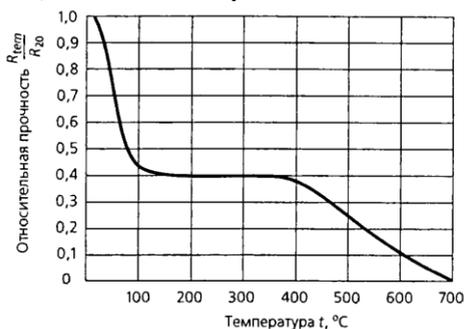


Рис.6. Изменение относительной прочности гипсового камня при нагревании в ненагруженном состоянии [1]

При нагреве портландцементного камня до 100... 150°C прочность может несколько снижаться, т.к. нагревающаяся в порах материала вода расширяется и оказывает дополнительное давление на их стенки, что приводит к возникновению внутренних напряжений в материале, снижающих его прочность (рис. 6). При 200-300°C (рис. 6) прочность несколько увеличивается благодаря уплотнению структуры, вследствие удаления свободной воды из пор геля двухкальциевого силиката, и в результате ускоренного завершения кристаллизации гидроксида кальция (рис. 7). Выше 200...300°C происходит накопление дефектов структуры, т.к. деформации гелеобразной части цементного камня и непрореагировавших с водой зерен портландцемента неодинаковы по знаку. Поэтому прочность камня начинает снижаться. С 240°C также начинается процесс дегидратации трехкальциевого гидроалюмината ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, а при 490-580°C – гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Дегидратация клинкерных минералов портландцемента происходит в диапазоне 240-1000°C, что приводит к снижению прочности затвердевшего портландцементного камня. На рис. 8 отражена деформативность цементного камня при нагреве. До 300 °C он претерпевает положительные деформации, что можно объяснить температурным расширением, а до 100... 150°C - и расширением влаги в его порах. Затем материал претерпевает усадку (отрицательные деформации — сжатия) из-за удаления всех видов влаги из цементного камня.

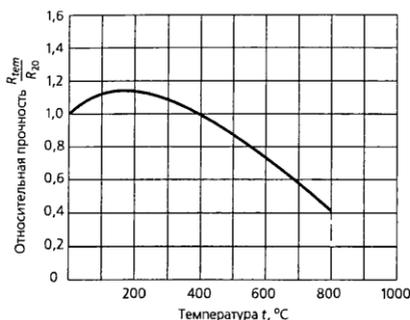


Рис. 7. Изменение относительной прочности сухого портландцементного камня при нагревании в ненагруженном состоянии [9]

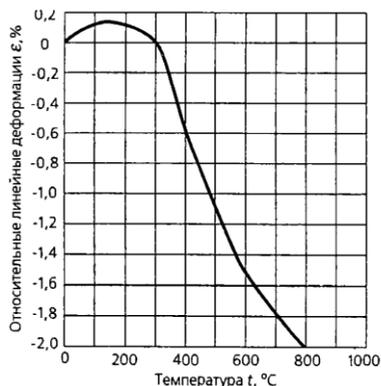


Рис. 8. Изменение относительной деформации цементного камня при нагревании в ненагруженном состоянии [1]

Поскольку бетон является композиционным материалом, его поведение при нагреве зависит от поведения цементного камня, заполнителя и их взаимодействия. Выше были рассмотрены в отдельности поведение при нагреве цементного камня, природных каменных материалов, осталось лишь добавить особенности взаимодействия компонентов бетона при нагреве. Одна из особенностей — химическое соединение при нагреве до 200°C гидроксида кальция с кремнеземом кварцевого песка (этому способствуют условия, аналогичные тем, что создают в автоклаве для быстрого твердения бетона: повышенное давление, температура, влажность воздуха). В результате такого соединения образуется дополнительное количество гидросиликатов кальция. Кроме того, при этих же условиях происходит дополнительная гидратация клинкерных минералов цементного камня. Все это способствует некоторому повышению прочности (рис. 9, а, кривая 1).

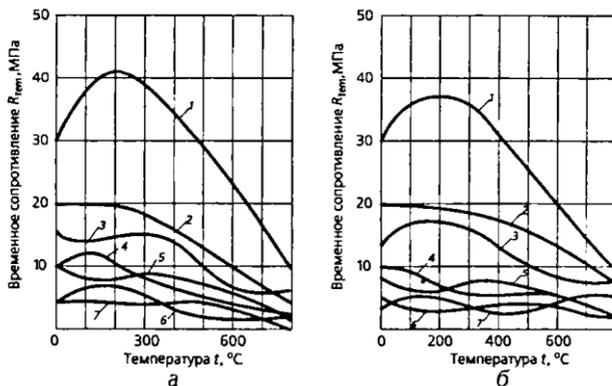


Рис 9. Изменение временного сопротивления сжатию различных видов бетона в нагретом состоянии (а - без нагрузки, б * после нагрева и остывания без нагрузки): 1 - тяжелый бетон; 2 - легкий бетон с заполнителем из шлаковой пемзы; 3 - легкий бетон с заполнителем из керамзитового гравия; 4 - перлитобетон; 5 - газозолобетон; 6 - пенокерамзитобетон; 7 - пенобетон с заполнителем из шлаковой пемзы (9)

При нагреве бетона выше 200°C возникают противоположно направленные деформации претерпевающего усадку вяжущего и расширяющегося заполнителя, что снижает прочность бетона (рис. 10) наряду с деструктивными процессами, происходящими в вяжущем и заполнителе. Расширяющаяся влага при температурах от 20 до 100°C давит на стенки пор и фазовый переход воды в пар также повышает давление в порах бетона (см. тему 1), что приводит к возникновению напряженного состояния, снижающего прочность.

По мере удаления свободной воды прочность бетона может возрастать (рис. 11). При прогреве образцов бетона, заранее высушенных в сушильном шкафу при температуре $105\text{...}110^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы, физически связанная вода отсутствует, поэтому такого резкого снижения прочности в начале нагрева не наблюдается (см. рис. 11). При остывании бетонов после нагрева прочность, как правило, практически соответствует прочности при той максимальной температуре, до которой

образцы были нагреты. У отдельных видов бетона она несколько снижается при остывании за счет более длительного нахождения материала в нагретом состоянии, что способствовало более глубокому протеканию в нем негативных процессов (см. рис. 8, б).

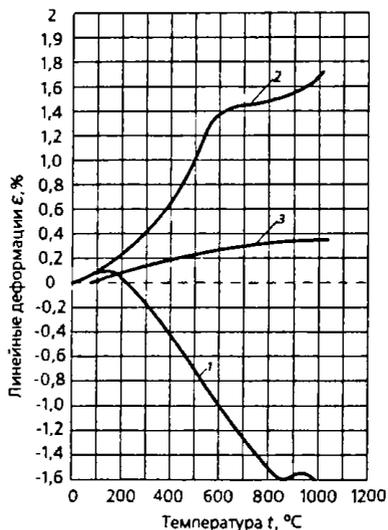


Рис. 10. Изменение относительных деформаций компонентов бетона при нагревании в ненагруженном состоянии; 1 - вяжущего цементного камня; 2-тяжелого заполнителя - фанга, кварцевого песка, песчаника; 3 - легкого заполнителя - шамста, доменного шлака [1]

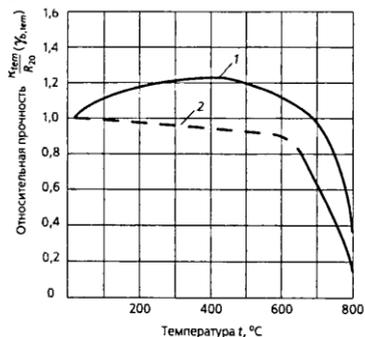


Рис 11. Изменение относительной прочности бетона на портландцементе при нагреве в ненагруженном состоянии: 1- испытание при равновесном начальном влажесодержании, 2 * испытание после сушки при 105-110*С до постоянной массы [2]

Деформативность бетона по мере прогрева увеличивается за счет увеличения его пластичности (рис. 12).

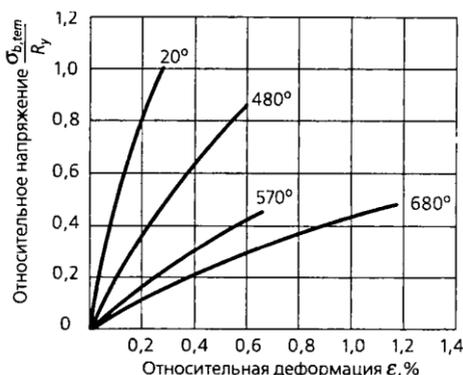


Рис. 12. Диаграмма деформаций тяжелого бетона В 60 при нагреве до различных температур в ненапряженном состоянии [1]

Мы рассмотрели изменение прочности бетона при нагревании в ненагруженном состоянии, что не характерно для работы несущих конструкций. Поэтому, начиная с 70-х годов во ВНИИПО МВД РФ проводят испытания при нагреве нагруженных образцов бетона. При этом измеряют величины относительных суммарных деформаций (свободного расширения и сжатия под действием внешней нагрузки) и температуру (критическую), при которой происходит разрушение (утрата целостности) образца. На рис.13 показан характер роста деформаций по мере нагрева образцов бетона при различных величинах, относительных напряжений от внешней нагрузки.

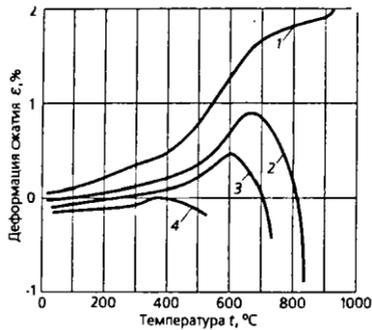


Рис. 13. Изменение относительных деформаций тяжелого бетона В 30 с гранитным заполнителем при нагреве в нагруженном состоянии: 1 - уБ=0; 2 - уБ = 0,3; 3 - уБ = 0,5; 4 - уБ = 0,8 [2]

Как видно на рис. 13, по мере повышения нагрузки уменьшаются деформации расширения и увеличиваются деформации сжатия, а разрушение (утрата целостности) образцов происходит при меньших температурах и деформациях, чем при малых нагрузках. По результатам таких испытаний строят графики зависимости температуры (критической), при которой произошла утрата целостности образца, от величины относительной нагрузки на него при огневом испытании. Строят их так, как показано на рис. 14, называя величину относительной прочностью, либо коэффициентом изменения прочности бетона при нагреве.

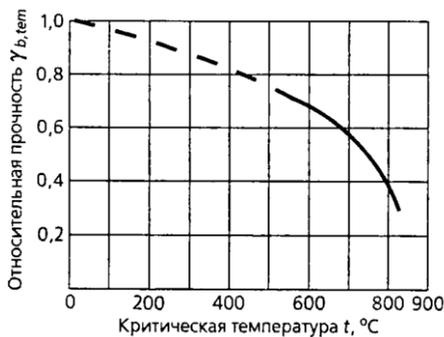


Рис 14. Изменение относительной прочности тяжелого бетона класса В 30 по прочности с гранитным заполнителем при нагреве в нагруженном состоянии [2]

Эта величина всегда меньше единицы (по физическому смыслу - относительное напряжение от внешней нагрузки). Методика таких испытаний не позволяет зафиксировать увеличение прочности материала в начале нагрева, даже если оно и имеет место.

По этой зависимости исследователи делают вывод, что с увеличением температуры прочность бетона падает при испытании в напряженном состоянии. Кроме того, строительные конструкции из тяжелого бетона (железобетона) склонны к взрывообразному разрушению при пожаре. Это явление наблюдается у конструкций, материал которых имеет влагосодержание выше критической величины при интенсивном подъеме температуры при пожаре. Чем плотнее бетон, тем ниже его паропроницаемость, больше микропор, тем он более склонен к возникновению такого явления, несмотря на наиболее высокую прочность. Легкие и ячеистые бетоны с объемной массой ниже 1200 кг/м^3 не склонны к взрывообразному разрушению. Спецификой поведения легких и ячеистых бетонов, в отличие от поведения тяжелых бетонов при пожаре, является более длительное время прогрева вследствие их низкой теплопроводности. Поведение силикатных материалов в условиях пожара зависит от поведения известково-силикатного вяжущего, заполнителей и их взаимодействия при нагреве. В принципе, оно аналогично поведению бетона на портландцементе (рис. 15). Отличие состоит в том, что реакции дегидратации подвергается два компонента Ca(OH)^2 и $\text{CaO-SiO}^n\text{H}_2\text{O}$ в то время, как у портландцементного вяжущего несколько компонентов. Конструкции из силикатных материалов, в частности, тяжелого силикатного бетона, более чем из бетона на портландцементе, склонны к явлению взрывообразной потери целостности в условиях пожара. Поведение *асбестоцемента* при нагреве определяется поведением цементного камня (матрицы) и асбеста (заполнителя)

арматуры). Графики изменения их прочности при нагреве качественно аналогичны.

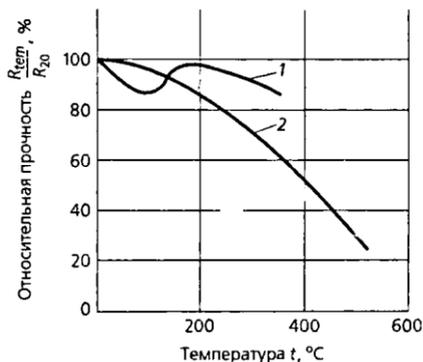


Рис.15. Изменение относительной прочности силикатобетона при нагреве: 1 - в ненагруженном состоянии; 2- в нагруженном состоянии [2]

Асбест, как и цемент, при нагреве теряет химически связанную воду и постепенно снижает прочность (рис. 16).

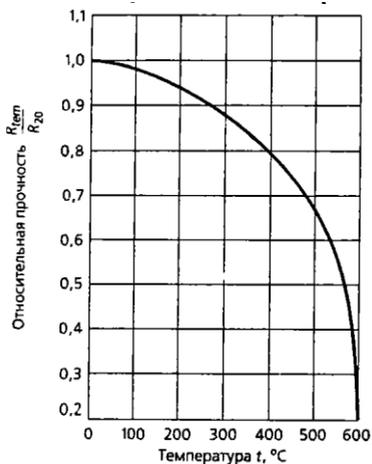


Рис.16. Изменение относительной прочности силикатобетона после нагрева и остывания [1]

В итоге асбестоцемент изменяет прочность, как показано на рис. 17. На специфический характер поведения в условиях пожара оказывает влияние анизотропность структуры асбестоцементных изделий, т.к. при формовании эти изделия имеют явно выраженную слоистость по толщине. Прочность сцепления между слоями значительно ниже прочности материала в каждом слое. То есть материал при разрушении может расслаиваться как спокойно, так и взрывообразно. Причем склонность к взрывообразной потере целостности асбестоцемента увеличивается с повышением его начального влагосодержания, количества микропор, при снижении паропроницаемости за счет увеличения средней плотности, несмотря на рост прочности, т.е. аналогично тяжелым бетонам.

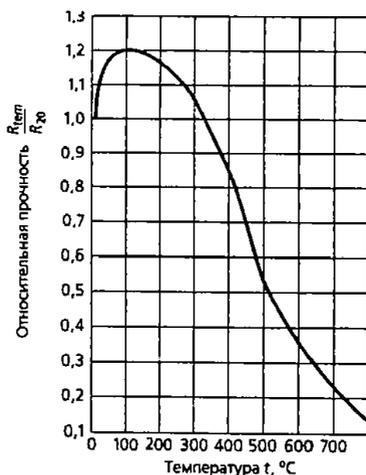


Рис.17. Изменение относительной прочности (при изгибе) асбестоцемента при нагреве [1]

Экспериментальные исследования показали, что теплофизические характеристики асбестоцемента изменяются при нагреве не по линейному закону. Прочностные свойства *керамических материалов и минеральных расплавов* в условиях пожара практически не изменяются. Для керамических

материалов нагрев без существенного изменения прочности возможен до температуры обжига - 950...1300°C. Для минеральных расплавов - предельная температура применения близка к их температуре плавления. Эти температуры, как правило, не достигаются при пожарах. Такое поведение данной группы материалов в условиях пожара обусловлено тем, что все процессы (химические) произошли с ними при первом нагреве (при их получении), а при повторном нагреве имеют место лишь физические процессы (температурные деформации и удаление капиллярной влаги). При интенсивном нагреве плотные керамические изделия (например, кровельные плитки) могут претерпевать взрывообразную потерю целостности.

Как было отмечено выше, каменные материалы не горят в условиях пожара, но одни более, другие менее существенно снижают прочность. Поэтому в зависимости от области их применения в строительстве осуществляют подбор природных и изготовление искусственных каменных материалов с необходимыми свойствами. Так, при выборе материалов заполнителей для изготовления несущих конструкций из тяжелого бетон; из природных каменных материалов предпочтение отдают известняку, а не граниту, т.к. последний несколько хуже ведет себя в условиях пожара. При этом в качестве вяжущего лучше себя ведет портландцемент по сравнению со строительным гипсом или известью. Причем стойкость портландцемента к воздействию пожара повышается с увеличением в нем содержания трехкальциевого силиката (алита) - 3CaO SiO_2 .

Из искусственных каменных материалов лучше ведут себя в условиях пожара те, которые уже претерпели высокотемпературный нагрев (обжиг) при изготовлении — это керамические материалы, минеральные расплавы. При их нагреве в процессе изготовления уже произошли все химические процессы, которые в основном приводят к снижению прочности каменных материалов в условиях пожара. Поэтому при повторном нагреве этих материалов в условиях пожара они подвергаются воздействию лишь физических процессов, менее агрессивных, чем химических, что не

приводит к существенному изменению их прочности. При пожаре температуры нагрева этих материалов, как правило, не достигают температур их обжига, которые имеют место при изготовлении.

Учитывая, что каменные материалы обладают повышенной стойкостью к воздействию пожара, по сравнению с металлами, органическими материалами, специальные меры по повышению их стойкости, как правило, не предусматривают. Более того, каменные материалы применяют в качестве огнезащиты органических материалов.

Вопросы для проверки:

1. Общие сведения о природных каменных материалах.
2. Поведение горных пород при нагревании.
3. Общие сведения о неорганических вяжущих веществах.
4. Искусственные каменные материалы и их оценка поведения в условиях пожара.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ



Схема 9. Классификация горных пород по происхождению

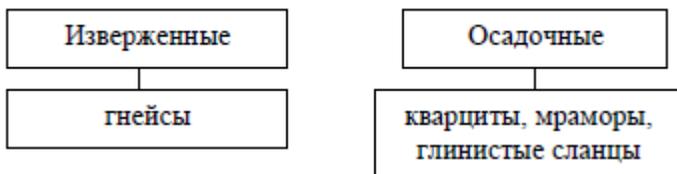


Схема 10. Изверженные (магматические, первичные) породы



Схема 11. Осадочные (вторичные) породы

Метаморфические (видоизмененные) породы



КЛАССИФИКАЦИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

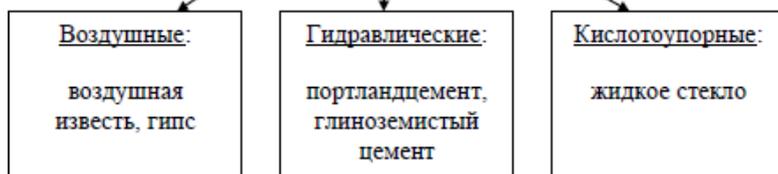


Схема 12. Метаморфические (видоизменённые) породы.
Классификация неорганических вяжущих веществ

КАМЕННЫЕ ИСКУССТВЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

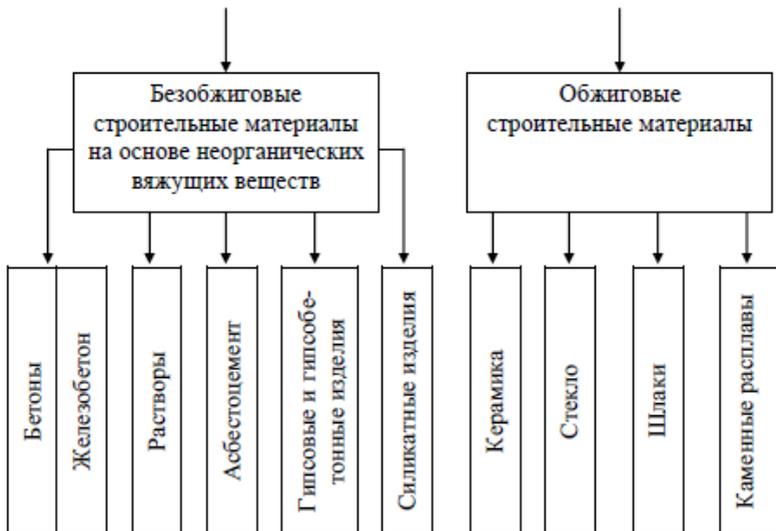


Схема 13. Каменные искусственные материалы

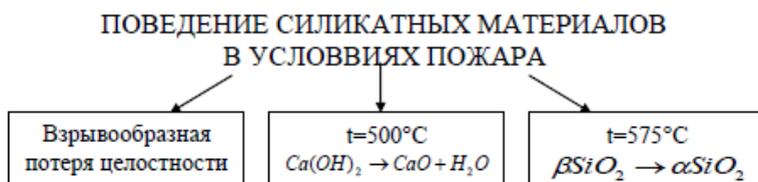


Схема 14. Силикатные материалы. Поведение силикатных материалов в условиях пожара



Схема 15. Поведение асбестоцементных изделий в условиях пожара



Схема 16. Виды керамических материалов

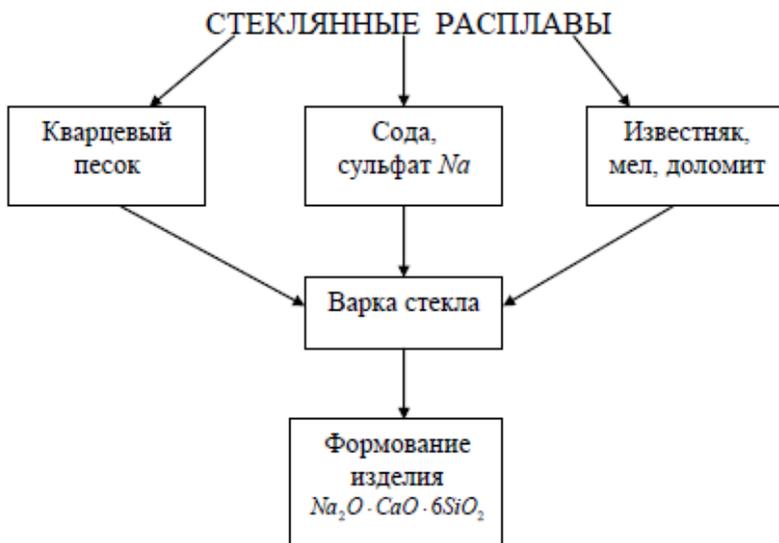


Схема 17. Стекланные расплавы

Лекция 3. Металлы, их поведение в условиях пожара и способы повышения стойкости к его воздействию (2 часа)

Рассматриваемые вопросы:

1. Структурная схема - «ключ» к изучению, оценке, прогнозированию, регулированию поведения металлических сплавов в условиях пожара и определению области их безопасного применения в строительстве.
2. Поведение металлов и сплавов в условиях пожара. Общие закономерности.
3. Способы повышения стойкости металлов к воздействию пожара.

В строительстве чистые металлы применяют довольно редко, более распространены сплавы. В первую очередь сплавы железа с углеродом - стали и всевозможные алюминиевые сплавы. Для того чтобы понять, как ведут себя в условиях пожара металлические сплавы, применяемые в строительстве, а также как прогнозировать и регулировать их поведение, представляется целесообразным воспользоваться схемой (рис.1.).

Применительно к металлическим сплавам она выглядит так, как изображено на рис. 18.

Сталью называют сплавы железа и углерода. Содержание углерода в сталях не превышает 2%. При содержании углерода более 2% сплав называют чугуном.

Сталь получают в конверторных или мартеновских печах путем продувки кислородом расплавленного чугуна. В результате продувки происходит окисление различных добавок и части углерода, содержащихся в чугуне. После плавки сталь разливают в изложницы, где происходит остывание и кристаллизация металла. В процессе кристаллизации выделяется большое количество газов и неметаллических включений. Сталь, полученную таким способом, по степени раскисления называют кипящей. Качество такой стали невысокое. В период остывания стали можно ввести специальные раскислители - кремний, марганец, алюминий и др., которые связывают газы и

успокаивают процесс кристаллизации. Полученную сталь в этом случае называют спокойной. Качество спокойной стали выше, чем кипящей. В случае неполного раскисления получают промежуточную сталь - полуспокойную.

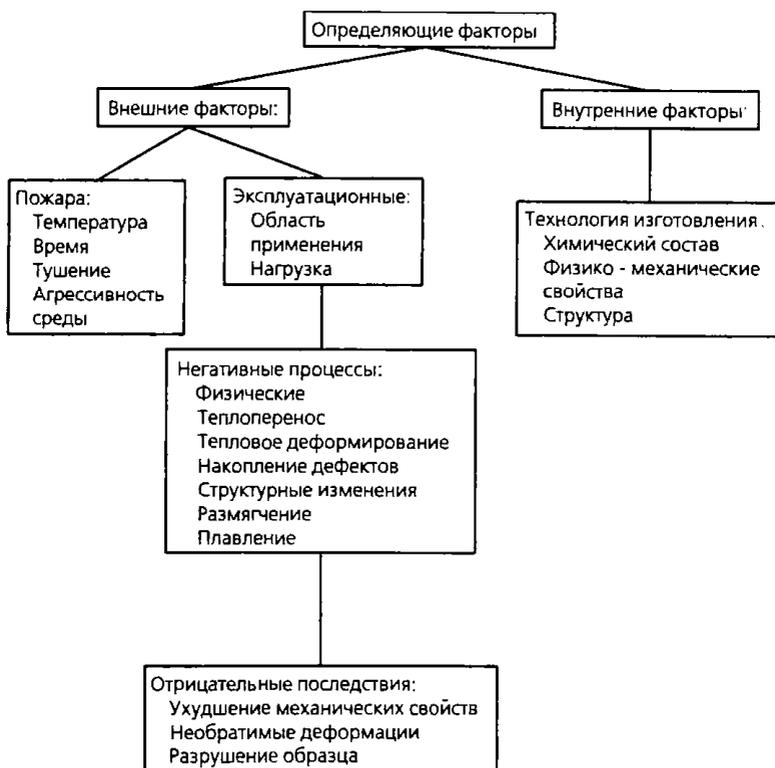


Рис. 18. Структурная схема - «ключ» к изучению, оценке, прогнозированию, регулированию поведения металлических сплавов в условиях пожара и определению области их безопасного применения в строительстве

Стали, в которых кроме железа и углерода присутствуют только нормальные примеси, называют углеродистыми.

Нормальные примеси могут быть полезными - кремний, марганец и вредными — сера, фосфор, кислород. Содержание примесей ограничено.

По содержанию углерода стали классифицируют на малоуглеродистые - 0,09-0,22% углерода, среднеуглеродистые - 0,25-0,5% углерода и высокоуглеродистые - 0,6-1,2% углерода. Строительные стали являются малоуглеродистыми. Среднеуглеродистые стали в основном применяют в машиностроении. Высокоуглеродистые используют для инструментов.

Строительные и машиностроительные стали относят к группе конструкционных сталей. По механическим характеристикам конструкционные стали делят на семь марок: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6. Основными строительными сталями являются Ст3 и Ст5, из которых изготавливают несущие металлические конструкции и арматуру для железобетона. Из сталей Ст4 и Ст5 изготавливают также болты, шурупы и т.д.

Углеродистые стали обыкновенного качества в зависимости от гарантируемых свойств объединяют в группы А, Б и В. В маркировке эту букву добавляют спереди, а в конце маркировки - способ раскисления: спокойный - сп, полуспокойный - пс, кипящий - кп, например: АСт3пс, ВСт4пс.

По группе А стали поставляют с гарантированными механическими свойствами, по группе Б - химическому составу, по группе В - по механическим свойствам и химическому составу.

По требованиям ударной вязкости в зависимости от температурных условий эксплуатации и назначения конструкций углеродистые стали разделяют на 6 категорий (номер категории указывают в конце маркировки после обозначения способа раскисления), например, ВСт3кп2.

Существенного улучшения физико-механических свойств сталей можно добиться введением в их состав специальных легирующих добавок.

Стали, в которых кроме нормальных примесей присутствуют легирующие добавки, называют легированными.

По сравнению с углеродистыми, легированные стали имеют, как правило, более высокие показатели прочности, ударной вязкости, стойкости к коррозии, лучше свариваются. Недостатком легированных сталей является более высокая стоимость, чем углеродистых.

Легированные стали классифицируют в основном по следующим признакам.

1. По количеству легирующих добавок: низколегированные - количество добавок до 2,5%, среднелегированные - количество добавок от 2,5 до 10 % и высоколегированные - количество добавок свыше 10%.

2. По назначению: конструкционные – машиностроительные и строительные стали; инструментальные; специальные - нержавеющие, кислотостойкие, жаростойкие.

По экономическим соображениям в строительстве применяют низколегированные стали.

Маркируют легированные конструкционные, в том числе и строительные стали следующим образом. Первые две цифры показывают содержание углерода в сотых долях процента. Затем следуют условные обозначения легирующих элементов. Цифра, стоящая за условным обозначением, показывает приблизительное содержание элемента в процентах. Например, сталь 18Гсп в среднем содержит 0,18% углерода и приблизительно 1% марганца. Буквы «сп» обозначают, что сталь спокойная (по способу раскисления). Сталь 20ХГ2С в среднем содержит 0,2% углерода, приблизительно 1% хрома, около 2% марганца и 1% кремния. Если количество легирующих добавок менее 0,3%, то обозначение легирующего элемента не проставляется. Буква А в конце марки означает, что сталь высококачественная. В строительстве применяют низколегированные стали: 18Г, 09Г2; 10Г2С1; 20ХГ2С и др.

Большое влияние на механические характеристики сталей оказывает содержание углерода. С повышением содержания углерода твердость стали увеличивается, а пластичность уменьшается. Упругость сталей изменяется мало. Модуль упругости изменяется в пределах 2105 - 2,06·10⁵ Мпа.

Предел прочности увеличивается до содержания углерода 0,8-1,0%, а затем снижается.

В строительстве сталь применяют в виде прокатных изделий, получаемых с металлургических заводов и имеющих различную форму поперечного сечения — профиль. Каталог прокатных профилей называют сортаментом.

Используют сталь в строительстве для изготовления несущих конструкций: колонн, балок, ферм, для арматуры железобетонных конструкций, для изготовления оконных и дверных переплетов и др. Классификация и характеристики строительных сталей приведены в СНиП 11-23-81 [13].

Основным способом получения стальных изделий является горячая прокатка. Этим способом получают различные профили, листы, стержни, трубы. Изделия в этом случае называют горячекатанными.

Важной особенностью сталей является способность улучшать свои физико-механические свойства и, в частности, прочность в результате термической и механической обработки.

К термическим видам обработки, применяемым для строительной стали, относят закалку и отпуск. Закалка стали заключается в нагреве ее до высоких температур с последующим охлаждением в воде, масле, расплавленном свинце. Структура и свойства закаленных сталей зависят от скорости охлаждения. Стали, прошедшие закалку, имеют повышенную прочность и твердость, однако при этом имеют склонность к хрупкому разрушению.

Отпуск стали производят с целью уменьшения внутренних напряжений, возникающих при закалке, а также для снижения хрупкости и твердости закаленной стали. Стали при этом нагревают до температуры не выше 600°C и после изотермической выдержки постепенно охлаждают.

Проволоку изготавливают путем вытяжки (волочения). Некоторые виды арматуры периодического профиля изготавливают путем холодного сплющивания. И в том и в другом случае сталь упрочняется за счет наклепа. Арматуру при этом называют холоднотянутой.

В чистом виде алюминий применяют редко из-за малой прочности.

В строительстве все шире используют алюминиевые сплавы. Алюминиевые сплавы разделяют на две основные группы: *литейные и обрабатываемые под давлением*.

Литейные сплавы в строительстве применяют ограниченно - только для изготовления фасонных отливок. Представителем этих сплавов является силумин - сплав алюминия с кремнием. Обозначают литейные сплавы буквами АЛ. Цифра после букв обозначает условный номер сплава, например, АЛ2, АЛ3 и т.п.

Сплавы, обрабатываемые давлением (прокаткой, ковкой, штамповкой), делят на 2 группы.

1. Деформируемые без последующей термообработки:

а) сплавы алюминия с магнием, например, магналий. Обозначение - Амг3, Амг5, Амгб. Цифра показывает содержание магния в %;

б) сплавы алюминия с марганцем; обозначение — АМц.

2. Деформируемые с последующей термообработкой:

а) сплавы алюминия с медью, магнием, кремнием и марганцем:

авиаль - АВ-Т, АВ-Т1; буква Т — обозначает термическое упрочнение; (цифра 1 обозначает искусственное старение); дюралюмины - Д1 –Т Д16-Т, цифра после буквы Д обозначает условный номер сплава;

б) высокопрочные сплавы алюминия с цинком, магнием, кремнием и марганцем - В92-Т, В92-П и т.п. Буква В обозначает, что сплав высокопрочный, цифры обозначают условный номер сплава.

Сравнительно давно введена новая маркировка алюминиевых сплавов - цифровая, например 1915-Т (Т - термически упрочненный сплав). В маркировке первая цифра означает, что основа сплава - А1; вторая - номер композиции компонентов: 0 - чистый А1; 1 - А1 + Cu + Mg; 3 - А1 + Mg + Si; 4 - А1 + Mn; 5 - А1 + Mg; 9 - А1 + Zn. Две последние цифры обозначают порядковый номер сплава.

Достоинством алюминиевых сплавов является высокий предел прочности - до 500-700 МПа, при малой плотности - 2850 кг/м³. Большинство алюминиевых сплавов имеют высокую стойкость к коррозии, хорошую декоративность. Сохраняют высокую прочность при низких температурах, не образуют искр при ударе.

К недостаткам алюминиевых сплавов следует отнести: низкий модуль упругости — приблизительно в 3 раза меньше, чем у стали, и высокий коэффициент температурного расширения, в 3 раза больше, чем у стали.

Увеличение прочностных свойств алюминиевых сплавов можно достигнуть либо холодной пластической деформацией, либо термической обработкой. В основе упрочнения при пластической деформации лежит явление наклепа (для алюминиевых сплавов используют термин нагартовка). В зависимости от степени наклепа (нагартованности) к обозначению сплава добавляют буквы: П - полунагартованный сплав, Н – нагартованный сплав, Н1 - усиленно нагартованный сплав.

Термическая обработка алюминиевых сплавов состоит из двух операций: закалки и старения.

В строительстве применяют алюминиевые листы для покрытия кровли зданий. Из алюминиевого проката изготавливают оконные и дверные переплеты.

Алюминиевые сплавы в строительстве употребляют в виде разнообразных профилей и листа. Из профилей изготавливают фермы и арки. Листы широко используют для изготовления легких навесных панелей типа "сэндвич", для облицовки стен, устройства подвесных потолков.

При нагреве металла подвижность атомов повышается, увеличиваются расстояния между атомами и связи между ними ослабевают. Термическое расширение нагреваемых тел — признак увеличения межатомных расстояний. Большое влияние на ухудшение механических свойств металла оказывают дефекты, число которых возрастает с увеличением температуры. При температуре плавления количество дефектов, увеличение межатомных расстояний и ослабление связей достигает такой

степени, что первоначальная кристаллическая решетка разрушается. Металл переходит в жидкое состояние.

В интервале температур от абсолютного нуля до точки плавления изменение объема всех типичных металлов приблизительно одинаково - 6- 7,5%. Судя по этому, можно считать, что увеличение подвижности атомов и расстояний между ними, а соответственно, и ослабление межатомных связей, свойственно всем металлам почти в одинаковой степени, если они нагреты до одной и той же гомологической температуры. Гомологическая температура — это относительная температура, выражается в долях температуры плавления (Γ) по абсолютной шкале Кельвина. Так, например, железо и алюминий при 0,3 $T_{пл}$ обладают одинаковой прочностью межатомных связей, а следовательно, и одинаковой механической прочностью. По стоградусной шкале это будет: для железа 331°C, для алюминия 38°C, т.е. сг железа при 331°C равно алюминия при 38°C.

Повышение температуры приводит к уменьшению прочности, упругости и увеличению пластичности металлов. Чем ниже температура плавления металла или сплава, тем при более низких температурах происходит снижение прочности, например у алюминиевых сплавов - при более низких температурах, чем у сталей.

При высоких температурах также происходит увеличение деформаций ползучести, которые являются следствием увеличения пластичности металлов. Чем выше величина нагружения образцов, тем при более низких температурах начинается развитие деформации ползучести и происходит разрыв образца, причем при меньших величинах относительной деформации.

При повышении температуры изменяются и теплофизические свойства металлов и сплавов. Характер этих изменений сложный и трудно поддается объяснению. Наряду с общими закономерностями, характерными для поведения металлов при нагреве, поведение сталей в условиях пожара имеет особенности, которые зависят от ряда факторов (рис. 17). Так, на характер поведения оказывает влияние прежде

всего химический состав стали: углеродистая или низколегированная, затем способ изготовления или упрочнения арматурных профилей: горячая прокатка, термическое упрочнение, холодная протяжка и т.п. Рассмотрим эти особенности подробнее. При нагревании образцов горячекатанной арматуры из углеродистой стали происходит уменьшение ее прочности и увеличение пластичности, что приводит к снижению пределов прочности, текучести, возрастанию относительного удлинения и сужения. При остывании такой стали ее первоначальные свойства восстанавливаются. После остывания величина относительной прочности углеродистой стали (арматура классов А-1, А-II) практически восстанавливается.

Несколько иной характер поведения при нагревании низколегированных сталей. При нагревании до 300°C происходит некоторое увеличение прочности ряда низколегированных сталей (25Г2с, 30ХГ2С и др.), которая сохраняется и после остывания. Следовательно, низколегированные стали при невысоких температурах даже повышают прочность и менее интенсивно теряют ее с увеличением температуры благодаря легирующим добавкам. Особенностью поведения термически упрочненной арматуры в условиях пожара является необратимая потеря упрочнения, которая вызывается отпуском стали. При нагревании до 400°C может происходить некоторое улучшение механических свойств термически упрочненной стали, выражаемое в повышении условного предела текучести при сохранении предела прочности. При температуре выше 400°C происходит необратимое снижение как предела текучести, так и предела прочности (временного сопротивления).

Арматурная проволока, упрочненная наклепом, при нагреве также необратимо теряет упрочнение. Чем выше степень упрочнения (наклепа), тем при более низкой температуре начинается ее потеря. Причиной этого является термодинамически неустойчивое состояние кристаллической решетки, упрочненной наклепом стали. При повышении температуры до 300-350°C начинается процесс

рекристаллизации, в ходе которого деформированная в результате наклепа кристаллическая решетка перестраивается в сторону нормализации [1].

Главной особенностью алюминиевых сплавов является низкая, по сравнению со сталями, устойчивость к нагреву. Уже при 240°C предел прочности и условный предел текучести снижаются в 2 раза. При этом происходит снижение модуля упругости и увеличение относительного удлинения.

Важной особенностью некоторых алюминиевых сплавов является способность восстанавливать прочность после нагревания и охлаждения, если температура нагревания не превысила 400°C. Этой особенностью обладают, например, сплавы АМц, АМг .

Наибольшей устойчивостью к действию высокой температуры обладают низколегированные стали. Несколько хуже ведут себя углеродистые стали без дополнительного упрочнения. Еще хуже - стали, упрочненные термическим способом. Самой низкой стойкостью к действию высокой температуры обладают стали, упрочненные наклепом, а еще ниже - алюминиевые сплавы.

Обеспечить некоторое продление времени сохранения свойств металлов в условиях пожара (в случаях, где это необходимо и экономически оправдано) можно следующими способами:

1) выбором изделий из металлов, более стойких к воздействию пожара. В этом плане предпочтение отдается сталям вместо алюминиевых сплавов, причем низколегированным сталям вместо углеродистых. При выборе арматурных изделий следует предпочесть арматуру, не упрочненную наклепом и термообработкой;

2) специальным изготовлением металлических изделий, более стойких к нагреву (с учетом информации по п. 1);

3) огнезащитой металлоизделий (конструкций) посредством нанесения внешних теплоизоляционных слоев.

Вопросы для проверки:

1. Общие сведения о металлах и сплавах (определение, классификация, достоинства, недостатки).
2. Строение металлов и их свойства. Применение металлов в строительстве.
3. Поведение металлов и сплавов в условиях пожара.
4. Способы повышения стойкости металлов к воздействию пожара и защита металлических конструкций.

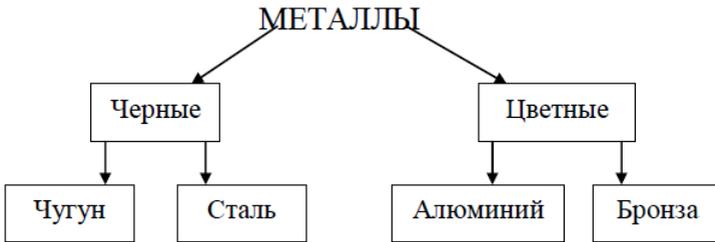


Схема 18. Металлы

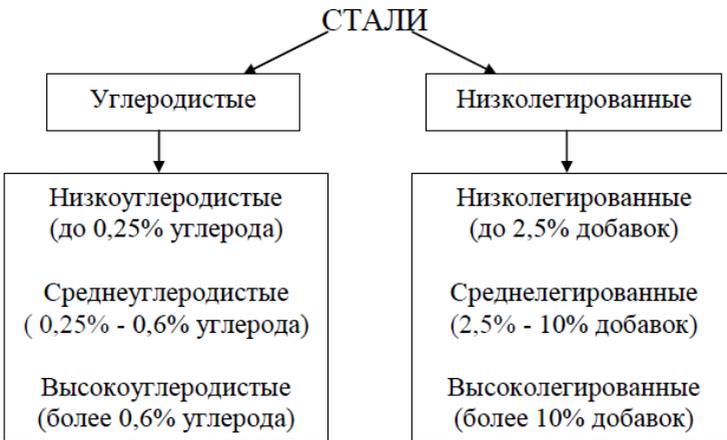


Схема 19. Стали

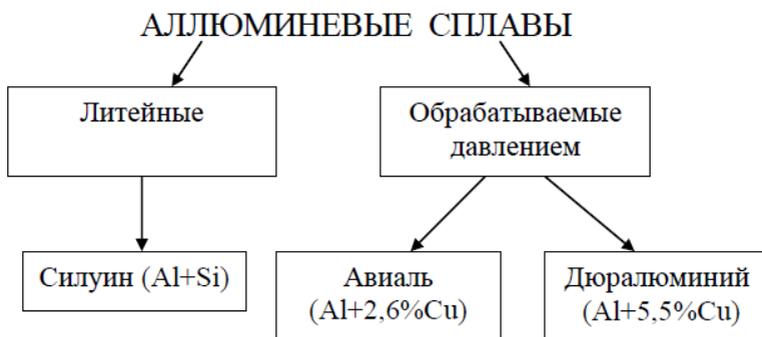


Схема 20. Алюминиевые сплавы

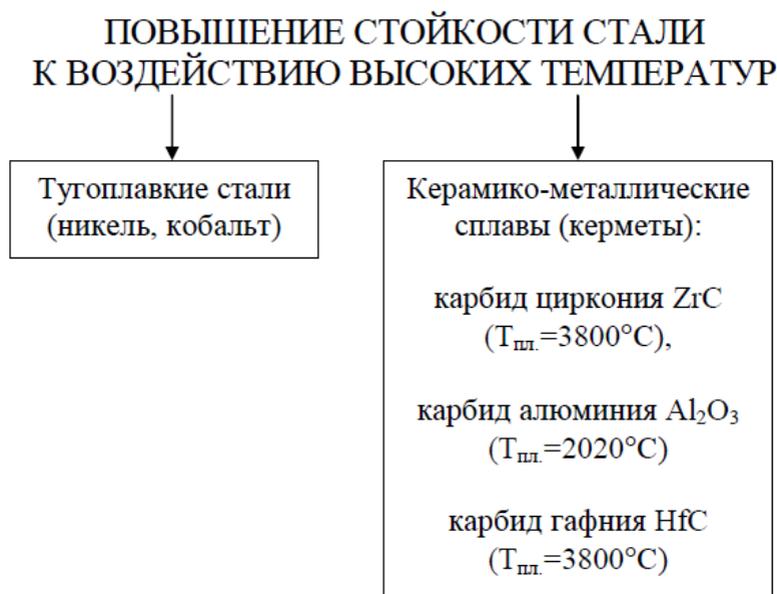


Схема 21.Повышение стойкости стали к воздействию высоких температур

ЗАЩИТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ НАГРЕВАНИЯ



Схема 22. Защита металлических конструкций от нагрева

Лекция 4. Древесина, ее пожарная опасность, способы огнезащиты и оценка их эффективности (2 часа)

Рассматриваемые вопросы:

1. Структурная схема - ключ к изучению, оценке, прогнозированию, регулированию поведения древесины в условиях пожара и определению области ее безопасного применения в строительстве.
2. Строение, химический состав и свойства древесины.
3. Применение древесины в строительстве.
4. Физико-химические процессы, определяющие поведение древесины и материалов на ее основе при нагревании и в условиях пожара.

Для квалифицированного прогнозирования и регулирования поведения древесины в условиях пожара целесообразно изучить определяющие факторы, влияющие на поведение древесины в условиях пожара, негативные процессы, которые в ней при этом происходят и последствия, к которым они приводят (рис. 19). Изучение целесообразно начать с определяющих факторов.

Макростроение древесины рассматривают на срезе ствола дерева по трем направлениям: тангенциальному, торцовому и радиальному, а также на поперечном (торцевом) разрезе. Кора, защищающая дерево от механических повреждений, состоит из двух слоев — наружного (корки) и внутреннего (луба). Находящийся под лубом тонкий слой камбия состоит из живых клеток. Толстый слой древесины, находящийся за камбием, состоит из ряда тонких концентрических слоев: наружная часть их называется заболонью, внутренняя часть — ядром. Ядро состоит из отмерших клеток, заболонь - из молодых растущих клеток. Существуют породы дерева, например, береза, клен, ольха, не имеющие ядра. В центре ствола расположена сердцевина - самая слабая, легко крошится и загнивает. Древесиной, используемой для получения строительных изделий, являются заболонная и ядровая части ствола дерева.

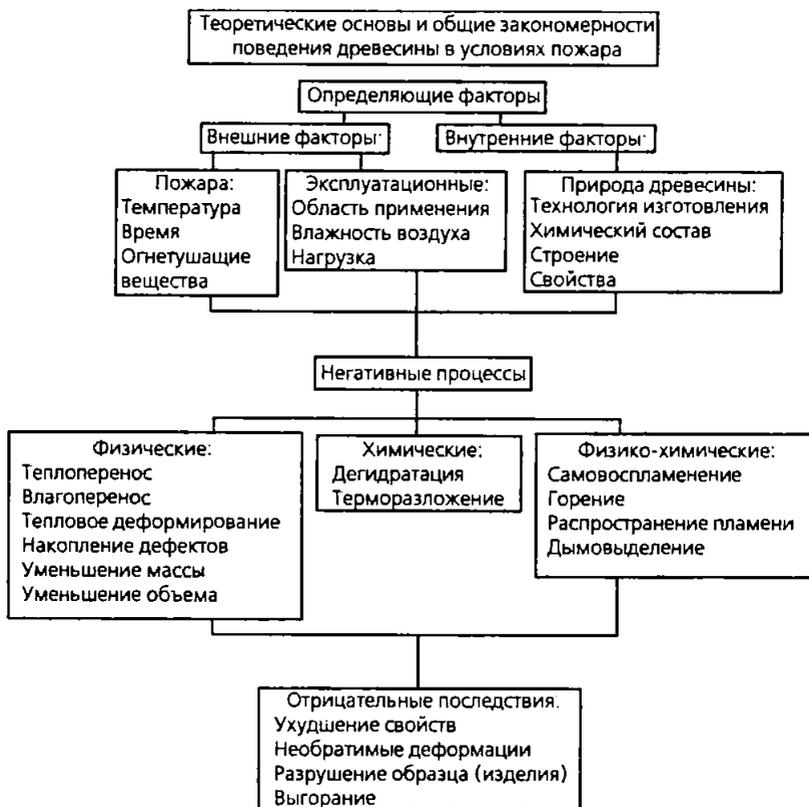


Рис. 19. Структурная схема - ключ к изучению, оценке, прогнозированию, регулированию поведения древесины в условиях пожара и определению области ее безопасного применения в строительстве

Древесина имеет различные пороки (дефекты) строения, понижающие ее качество. Пороки подразделяют на первичные - на растущих деревьях, и вторичные, возникающие при хранении или эксплуатации древесины.

К первичным порокам относят: сучковатость - наличие сучков; косослой - винтообразное, косое расположение волокон в стволе; свилеватость - волнистое и путанное расположение древесных волокон; сбежистость - уменьшение диаметра ствола от комля (основания) к вершине; завиток - местное искривление годовых слоев.

Вторичные пороки древесины - это плесень и гниль, появляющиеся на древесине в результате деятельности микроорганизмов и грибов; червоточины и трещины, появляющиеся в результате усушки древесины в процессе хранения или эксплуатации.

При рассмотрении тангенциального и радиального срезов видна волокнистая структура древесины. Под микроскопом можно увидеть, что волокна древесины состоят из органических клеток.

Оболочку клеток образует в основном природное высокомолекулярное вещество - целлюлоза или клетчатка. Кроме целлюлозы в химический состав древесины входят лигнин и гемицеллюлоза. Элементный состав абсолютно сухой древесины: 49-52% углерода, 43-45% кислорода, 6-6,3% водорода, 0,1-0,6% азота, 0,3-1,6% минеральных веществ. Свежесрубленная древесина содержит кроме того 60-100% воды (по отношению к сухой массе).

Влажность древесины - способность древесины поглощать влагу, оказывает очень большое влияние на ее качество, а также на другие свойства.

Для древесины нормальной (стандартной) считают влажность 12%, и при определении механических характеристик древесины результаты приводят для сравнения к этой величине влажности. Свободная влага состоит из той, что заполняет полости клеток, сосудов и межклеточное пространство (механическая влага), и влаги гигроскопической, находящейся в микропорах стенок клеток и сосудов. При сушке и при пожаре древесина сначала теряет механическую влагу и только после полного ее удаления начинает выделять гигроскопическую влагу. По степени влажности различают

древесину свежесрубленную, имеющую влажность 35% и выше; воздушно-сухую с влажностью 15-20%; комнатно-сухую с влажностью 8-13%. А также мокрую, влажность которой больше, чем у свежесрубленной древесины и может быть больше 100% (по массе). Для определения влажности древесины, находящейся в помещении с различной температурой и влажностью окружающего воздуха, служит диаграмма, составленная Н.Н.Чухлицким [1]. При удалении из древесины механической влаги масса древесины меняется, но объем и линейные размеры не изменяются. При удалении гигроскопической влаги происходит уменьшение размеров и объема изделия из древесины, называемое усушкой.

Процесс, обратный усушке, называют разбуханием древесины. Этот процесс происходит при увеличении содержания в древесине гигроскопической влаги. Вследствие неоднородности строения древесина усыхает или разбухает в различных направлениях неодинаково: вдоль волокон полная линейная усушка не превышает 0,1-0,3%, в радиальном направлении она составляет от 3 до 6%, а в тангенциальном - от 7 до 12%. Усушка древесины приводит к ее короблению и появлению трещин.

Объемная масса древесины зависит от породы древесины и составляет 375-700 кг/м³. Обычно объемную массу приводят к нормальной 12%-ной влажности древесины.

Плотность древесины ρ_0 составляет в среднем 1500 кг/м³.

Теплофизические свойства древесины зависят от породы дерева, объемной массы, влажности и температуры. Теплопроводность, кроме того, зависит от направления, в котором передается тепло через древесину, а коэффициент линейного теплового расширения различен для древесины вдоль и поперек волокон.

Механические свойства древесины в значительной мере зависят от породы, объемной массы, влажности, возраста древесины, а также от направления действия нагрузки — вдоль или поперек волокон. Древесина вследствие волокнистого строения обладает анизотропностью и имеет довольно высокую

прочность при растяжении и сжатии вдоль волокон и относительно низкую прочность поперек волокон.

Прочность древесины при сжатии вдоль волокон снижается с увеличением влажности. При этом оказывает влияние только гигроскопическая влага, механическая влага практического влияния не оказывает.

Временное сопротивление древесины сжатию поперек волокон составляет примерно от 0,1 до 0,3 этой величины вдоль волокон. Временное сопротивление растяжению вдоль волокон, в 2-3 раза превышает аналогичный показатель сжатия. У древесины низкая прочность на растяжение поперек волокон - для хвойных пород она равна всего 2-5% прочности на растяжение вдоль волокон. Прочность на растяжение мало зависит от влажности, но существенно зависит от наличия пороков. Прочность при изгибе определяется теми же факторами, что при сжатии и растяжении вдоль волокон; она больше прочности при сжатии вдоль волокон в 1,5-2 раза.

К числу достоинств древесины следует отнести: богатую сырьевую базу и сравнительную легкость добычи, невысокую стоимость, высокую относительную прочность, малую теплопроводность при сравнительно высокой удельной теплоемкости, малую температурную деформативность, высокую коррозионную стойкость при эксплуатации в агрессивных средах.

Недостатками древесины являются: анизотропность, наличие пороков, гигроскопичность, горючесть.

Перечисленные достоинства и недостатки во многом определяют область применения древесины в строительстве.

Древесными называют материалы, состоящие полностью или преимущественно из древесины.

Получают древесину путем обработки деревьев лиственных (береза, дуб, бук, ясень, осина и др.) и хвойных пород (сосна, ель, кедр, лиственница, пихта и др.).

Наряду с использованием в качестве декоративно-отделочного материала древесина используется для несущих конструкций. Опыт и расчеты доказали экономическую выгоду

замены в некоторых случаях железобетонных и металлических конструкций деревянными. Для изготовления несущих деревянных конструкций применяются преимущественно хвойные породы. В строительстве зданий древесину применяют в виде изделий: круглых, пиломатериалов, полуфабрикатов и строительных деталей.

Круглые изделия — отрезки стволов - бревна различают строительные и пиловочные. Строительные используют для несущих конструкций. Пиловочные предназначаются для получения пиломатериалов в виде брусьев, досок, брусков. Брусья - пиломатериалы, ширина и толщина которых превышает 110 мм. Брусья применяют для несущих конструкций зданий: балок междуэтажных перекрытий, стропил и т.п. Досками называют пиломатериалы толщиной до 100 мм при отношении ширины к толщине более 2. Пиломатериалы толщиной не более 100 мм и при отношении ширины к толщине менее 2 называют брусками. Доски применяют для устройства полов, перегородок, а также для обшивки стен и потолков. Из древесины изготавливают плинтусы, поручни, наличники для обшивки оконных и дверных коробок, паркет, фанеру.

Фанерой называют листы древесины, получаемые склеиванием по толщине шпона (тонкие слои древесины). Фанеру применяют при изготовлении несущих и ограждающих конструкций, для обшивки стен внутри помещений и для устройства перегородок.

Строительные детали и элементы сборных конструкций из древесины изготавливают на заводах. К ним относятся балки для междуэтажных и чердачных перекрытий, дощатые щиты для перегородок, элементы щитовых и каркасных сборных домов, щитовой паркет, различные столярные изделия. Наиболее прогрессивными являются клееные деревянные конструкции.

Древесно-волокнистые (ДВП) и древесно-стружечные (ДСП) плиты в настоящее время широко используют взамен фанеры при устройстве потолков, полов, стен и перегородок.

Древесина чувствительна к нагреву. Уже при температуре материала порядка 110°C начинается ее терморазложение, которое можно разделить на несколько характерных стадий. При нагревании до $120\text{-}180^{\circ}\text{C}$ происходит удаление свободной и затем начинается выделение химически связанной влаги, разложение наименее термически стойких компонентов древесины в основном с выделением CO и H_2O . При температуре 250°C начинается пиролиз древесины (в основном гемицеллюлозы) с выделением CO , CH_4 , H_2 , CO_2 , H_2O и т.п. Образующаяся газовая смесь уже способна к воспламенению от источника зажигания. При температуре $280\text{-}300^{\circ}\text{C}$ процесс терморазложения древесины интенсифицируется. Лигнин разлагается лишь при достижении $350\text{-}450^{\circ}\text{C}$. При $350\text{-}450^{\circ}\text{C}$ продолжается пиролиз древесины и выделяется основная масса горючих газов - 40% от возможного количества. Выделяющаяся газообразная смесь состоит из 25% H_2 и 40% предельных и непредельных углеводородов. При достижении достаточной концентрации газообразных горючих продуктов терморазложения возможно их самовоспламенение.

Процесс горения древесины протекает в две стадии: пламенное горение продуктов терморазложения древесины и тление образовавшегося угольного остатка. Тление происходит в результате гетерогенной реакции угольного остатка с газообразным кислородом воздуха. В условиях пожара до 60% тепла выделяется в период пламенного горения древесины и около 40% - в период горения угля. В связи с этим период пламенного горения является определяющим, хотя занимает более короткий промежуток времени, чем фаза тления.

Термическое разложение и горение древесины на пожаре сопровождается выделением газообразных продуктов CO , CO_2 и других, которые могут оказывать токсическое (отравляющее) действие на организм человека. Кроме того, при тлении и горении выделяется значительное количество дыма, который представляет собой дисперсную среду, образованную твердыми и жидкими частицами продуктов неполного сгорания

древесины. Он снижает видимость и препятствует дыханию человека.

Пожарную опасность древесины можно охарактеризовать следующими параметрами. Температура воспламенения и самовоспламенения древесины составляют 250 и 350°C соответственно. Линейная скорость распространения пламени по поверхности составляет 1-10 мм/с. Эта величина существенно зависит от плотности внешнего теплового потока, падающего на древесину, от породы древесины и от ориентации образца материала в пространстве.

Для древесины показатель токсичности продуктов горения составляет 35,5 г/м³. По классификации ГОСТ 12.1.044-89 [8] древесину следует относить к группе высокоопасных материалов - ТЗ. Токсическое действие продуктов разложения и горения древесины в основном обусловлено высоким содержанием в их составе оксида углерода.

Для древесины сосны коэффициент дымообразования по ГОСТ 12.1.044-89 [8] составляет приблизительно 50 м²/кг, что позволяет отнести ее к материалам с малой - Д1 или умеренной - Д2 дымообразующей способностью. Однако при тлении этот показатель может достигать $Dm = 600$ м²/кг, то есть тлеющая древесина может относиться к материалам с высокой дымообразующей способностью - Д3.

В условиях пожара снижается прочность древесины, в результате ее терморазложения, т.е. разрушение структуры, во-вторых, при горении древесина обугливается. Изменение прочности древесины существенно зависит от потери массы материала в процессе нагрева. При этом происходит уменьшение и объемной массы.

Следует обратить внимание, что разложение и обугливание древесины при нагревании является главной причиной снижения прочности. В то же время уменьшение объемной массы материала за счет обугливания приводит к уменьшению теплопроводности и следовательно, тормозит прогрев древесины.

По классификации, приведенной в СНиП [14] древесина всех пород относится к горючим материалам. Модификация древесины полимерами, как правило, повышает ее пожарную опасность.

Таким образом, процессы разложения, воспламенения и горения древесины, а также количественных показателей пожарной опасности некоторых видов древесных материалов позволяют сделать вывод об их высокой пожароопасности.

Вопросы для проверки:

1. Строение и свойства древесины. Применение в строительстве материалов, содержащих древесину.
2. Поведение древесины и материалов, ее содержащих при воздействии температуры.
3. Сущность огнезащиты древесины. Виды огнезащитных средств. Технология и требования к огнезащитной обработке.
4. Расчет необходимого количества раствора пропиточного состава антипиренов при глубокой пропитке древесины.

ФИЗИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

1. Кора.
2. Луб.
3. Камбий.
4. Заболонь.
5. Ядро.
6. Сердцевина.

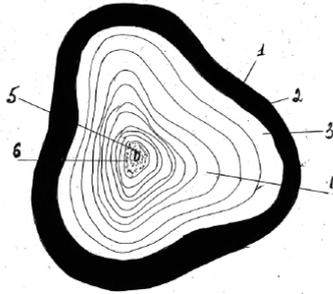


Схема 23. Физическое строение древесины

СВОЙСТВА, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ПОВЕДЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЕПЛА

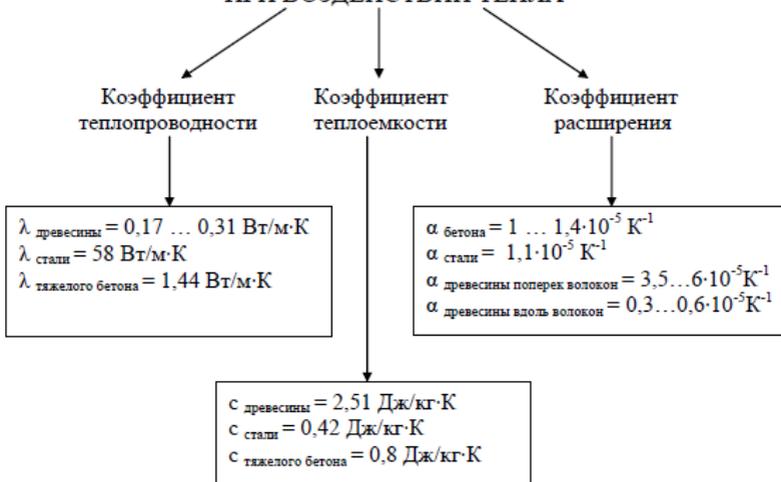


Схема 24. Свойства, характеризующие поведение древесины при воздействии тепла

ПРОДУКТЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

- 30-35% - уголь;
- 40-45% - жидкий дистиллят;
- 15-20% - газообразные вещества.

Схема 25. Продукты разложения древесины

ПОВЕДЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ НАГРЕВАНИИ, В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА

1. 110°C – начинается разложение древесины, сопровождающееся выделением летучих веществ, что можно обнаружить по характерному запаху.
2. 110-150°C – происходит выделение негорючих продуктов разложения (вода - H₂O, углекислый газ – CO₂), что сопровождается изменением цвета древесины (она желтеет).
3. 150-200°C – древесина начинает обугливаться, приобретая коричневую окраску. Газы, выделяющиеся при этом, являются горючими и состоят в основном из окиси углерода – CO, водорода – H₂ и паров органических веществ.
4. 250-300°C – происходит воспламенение продуктов разложения древесины.

Идеальная схема разложения древесины:

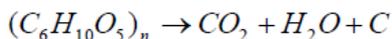


Схема 26. Поведение древесины при нагревании в условиях пожара

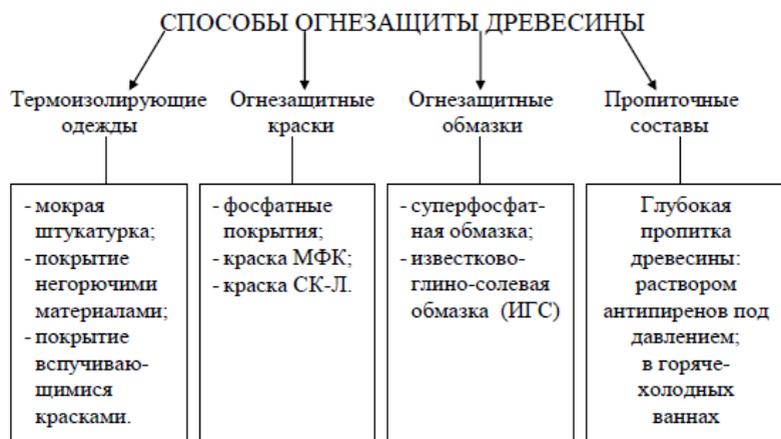


Схема 27. Способы огнезащиты древесины

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ

Нормативные документы:

ГОСТ 16363-76

«Средства защитные для древесины. Метод определения огнезащитных свойств».

(НПБ 251-98)

“Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний.”

1 группа средств: ΔR не превышает 9%
(трудногораемая древесина)

2 группа средств: ΔR от 9% до 25%
(трудновоспламеняемая древесина)

3 группа средств: ΔR более 25%
(средства не обеспечивающие огнезащиту древесины)

Схема 28. Оценка эффективности огнезащиты древесины

Лекция 5. Пластмассы, их пожарная опасность, методы ее исследования и оценки (2 часа)

Рассматриваемые вопросы:

1. Основные виды пластмасс, применяемых в строительстве, особенности их строения и свойств.
2. Особенности пожарной опасности строительных пластмасс.
3. Показатели, используемые для сравнительной оценки пожарной опасности строительных пластмасс и в пожарнотехнических расчетах.
4. Основные виды теплоизоляционных и акустических материалов, применяемых в строительстве.
5. Неорганические теплоизоляционные материалы и их поведение в условиях пожара. Минераловатные изделия.
6. Пожарная опасность органических теплоизоляционных и гидроизоляционных материалов.
7. Способы огнезащиты строительных материалов. Исходные сведения об огнезащите органических материалов.
8. Огнезащита древесины и изделий на ее основе.
9. Поверхностные огнезащитные средства.
10. Оценка огнезащитной эффективности покрытий и пропиток.
11. Способы снижения пожарной опасности полимерных строительных материалов (ПСМ).

Для квалифицированного прогнозирования и регулирования поведения полимерных строительных материалов (ПСМ) в условиях пожара целесообразно вначале изучить определяющие факторы (рис. 20).

Пластмассы - это композиционные материалы, в которых в качестве вяжущего вещества используют полимерные смолы.

Полимеры - высокомолекулярные химические соединения.

Достоинства пластмасс: неограниченность сырьевых ресурсов, возможность получения материала с заданными свойствами, высокая удельная прочность, хорошая технологичность при производстве изделий (штамповка, литье, экструзия, каландрирование), высокая химическая

стойкость, хорошие электроизоляционные, гидро-, звуко- и теплоизоляционные свойства, легкость обработки и соединения, хорошие декоративные качества, стойкость к низким температурам.

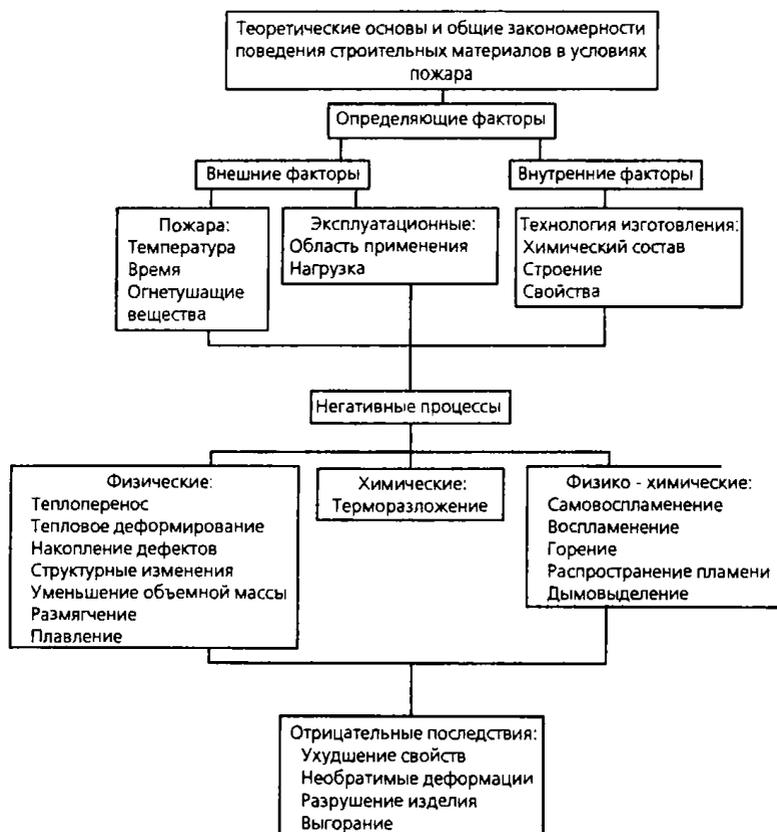


Рис. 20. Структурная схема - ключ к изучению, оценке, прогнозированию и регулированию поведения полимерных материалов в условиях пожара и области их безопасного применения в строительстве

Недостатки пластмасс: малый модуль упругости (0,1 МПа), большой коэффициент температурного расширения, повышенная ползучесть, способность к старению, малая теплостойкость и повышенная пожарная опасность.

Полимерные строительные материалы (строительные пластмассы) представляют сложную систему из связующего, наполнителей, красителей и технологических добавок. Связующим служат полимеры - полимеризационные и поликонденсационные. Их производство базируется на использовании каменного угля, нефти, природного газа, извести. По происхождению сырья полимеры подразделяют на природные, искусственные (модифицированные) и синтетические. К природным полимерам относят битумы и пеки, натуральный каучук; к искусственным - продукты модификации целлюлозы, растительных масел, казеина; к синтетическим - получаемые (синтезируемые) искусственным путем (в природе эти вещества не встречаются).

По отношению к нагреванию полимеры подразделяют на термопластичные и термореактивные. Термореактивные полимеры образуются при повышенной температуре и сохраняют свою структуру и твердое состояние при последующем повторном нагревании вплоть до температуры разложения. Как правило, термореактивные полимеры имеют пространственную сетчатую структуру, обеспечивающую им необратимую термостойкость.

Термопластичные полимеры способны обратимо размягчаться, плавиться и затвердевать при соответствующем изменении температуры.

По составу основной цепи макромолекул полимеры делят на карбоцепные, основные цепи которых построены только из углеродных атомов; гетероцепные, в основных цепях которых кроме атомов углерода содержатся атомы кислорода, азота, серы, фосфора; элементоорганические, содержащие в основных цепях атомы кремния, бора, алюминия, титана, никель - элементов, не входящих в состав природных органических соединений.

Наполнитель служит для удешевления пластмасс, улучшения их физико-механических свойств. Например, стекловолокно увеличивает прочность. По виду наполнителя различают пластмассы без наполнителя (оргстекло), газонаполненные (пенопласта и поропласты), порошковые, волокнистые (стекловолокнистый пластик, асбоволокнит, древесно-волокнистые пластики), слоистые (текстолит, асботекстолит, стеклотекстолит, древеснослоистый пластик), крошкообразные (древесно-стружечные пластики, лоскутный асботекстолит).

Красители (пигменты) вводят в пластмассы для придания декоративных качеств.

В целях снижения пожарной опасности пластмасс в их состав вводят антипирены - добавки, снижающие горючесть пластмасс, а также добавки, уменьшающие дымовыделение и образование токсичных продуктов при горении.

По применению в строительстве различают: материалы для полов, стеновые материалы, кровельные и гидроизоляционные для сантехнических и погонажных изделий, для несущих конструкций.

В таблице 1 представлены основные виды полимеров, используемых при производстве строительных пластмасс.

Таблица 1. Основные виды полимеров, используемые при производстве строительных пластмасс

Наименование группы	Вид, химический состав и строение полимера	Исходные вещества	Внешний вид	Примечание
Класс А. Синтетические полимеры цепной полимеризации				
Этиленопласты	1. Полиэтилен	Этилен (газ) из попутных нефтяных газов	Твердый, белый материал, слегка просвечивает. В гранулах или порошке	Трубы, сантехнические изделия, пленки, листы
	2. Полипропилен	Пропилен (газ) из попутных нефтяных газов	Белый порошок или гранулы	Трубы и пленки
	3. Полиизобутилен	Изобутилен (газ) из попутных нефтяных газов	Каучукоподобные эластичные листы и пленки	Антикоррозийная защита, полы, гидроизоляция

Наименование группы	Вид, химический состав и строение полимера	Исходные вещества	Внешний вид	Примечание
Винилпласты	4. Поливинилхлорид (ПХВ или ПВХ)	Кокс, известь, (ацетилен) хлористый натрий, водород	Порошок или гранулы белого или слабо-желтого цвета. Листы темно-коричневого цвета жесткие, листы светло-желтого цвета эластичные	Утеплитель пенополиуретан, пленки, трубы, фанга. Может применяться в несущих конструкциях
	5. Полиперхлорвинил	Кокс, известь (ацетилен) хлористый натрий, водород	Порошок или его раствор	Клей, лаки, краски, пленки, ткани
Этилопласты	6. Поливинилацетат	Ацетилен и уксусная кислота	Стеклообразный продукт белого цвета или его водная эмульсия сметанообразного вида	Полимерцемент-бетон, мастичные полы, клеи, лаки
Стиропласты	7. Полистирол	Этилен и бензол (из каменноугольной смолы)	Прозрачные листы, гранулы или белый порошок	Утеплитель, облицовочные плитки, трубы
Акрилопласты	8. Полиметилметакрилат	Ацетилен и спирт	Прозрачные бесцветные блоки и листы или белый порошок	Светопрзрачные покрытия, облицовочные плитки
Класс Б. Синтетические полимеры конденсационные или ступенчатой полимеризации				
Фенолопласты	1. Фенолформальдегидная смола	Фенол (из каменноугольной смолы) и формальдегид из метана (природный газ) или из метилового (древесного) спирта	Пресспорошки темного цвета или жидкие смолы (растворы порошков в спирте и т.д.)	Конструкционные пластмассы, клеи, утеплитель, химически стойкие мастики, листы, плитки (арзамит, феолизит, фенолизит)
Аминопласты	2. Мочевинноформальдегидные (кабамидные) смолы	Мочевина (аммиак и углекислый газ) и формальдегид	Серовато-белый кристаллический порошок или порошок других оттенков в зависимости от примесей)	Конструкционные пластмассы и клеи
	3. Меламиноформальдегидные смолы	Меламин (из мочевины) и формальдегид	Порошок различных цветов (в зависимости от примесей)	Конструкционные пластмассы и клеи
	4. Мочевинно-меламиноформальдегидные смолы	Мочевина, меламин, формальдегид	Порошок различных расцветок (в зависимости от примесей)	Конструкционные пластмассы и клеи

Наименование группы	Вид, химический состав и строение полимера	Исходные вещества	Внешний вид	Примечание
Эфирыпласты	5. Полиэфирные смолы-глифталы	Глицерин (Г) и фталевая кислота (Ф) из нафталина	В виде клея и лака	Клей, лаки, линолеумы
	6. Ненасыщенные полиэфирсы (в стироле)	Малеиновая кислота (из бензола) и двухатомные спирты (из этилена)	Вязкожидкий раствор смолы в стироле	Изготовление стеклопластиков Клей, лаки, замазки
Эпоксидо-пласты	7. Эпоксидные смолы	Фенол и эпихлоргидрин	Вязкие жидкости желтого и коричневого цвета	Изготовление стеклопластиков и клеев. Пластотрастворы и замазки
Амидо-пласты	8. Полиамидные смолы и волокна; нейлон, капрон	Фенол, ацетилен, азот	Гранулы, порошки, волокна и ткани	Изготовление тканевых обочек в пневматических конструкциях
Полиуретаны	9. Уретано-пласты	Спирты, диамин, гексаметилендиизоционат	Литьевая смола, волокна, пенопласты	Утеплитель, клей
Наименование группы	Вид, химический состав и строение полимера	Исходные вещества	Внешний вид	Примечание
Полисилоксаны	10. Кремнийорганические смолы	Ферросилиций, алкил- и арилгаллоиды	Смола, жидкость, пенопласт	Изготовление гидрофобных пленок и добавок. Утеплитель
Класс В. Химически модифицированные природные полимеры				
Эфиры целлюлозы	1. Целлопласты (этил-, бензил-, нитроацетилцеллюлоза)	Древесная масса, хлопок (природная клетчатка) и кислоты	Листовой материал (целлулоид) в лаках, красках	Линолеум, лаки, краски, клеи, мелкие подделки
Протеино-пласты	2. Молочный казеин	Молочные продукты	Белый порошок	Клей
Полимеризованные растительные масла	3. Олифа, тунговое масло	Растительные масла	Масло	Древесные плиты, линолеум
Класс Г. Природные и нефтяные асфальты и смолы				
Битумо-пласты	1. Сплавы асфальтов с битумами и пеками	Асфальты, битум, пек	Темные смолы	Покрытия, изоляция, гидрофобизирующие добавки и пропитки

Примечание. Природные и нефтяные асфальты и смолы являются высокомолекулярными соединениями, но к полимерам не относятся.

Полимеры обладают малой плотностью. Как правило, полимеризационные полимеры обладают меньшей плотностью

и прочностью, чем поликонденсационные, однако они более пластичны.

Полимеры обладают высокой механической прочностью; временное сопротивление растяжению - до 100 МПа, сжатию - до 600 МПа, изгибу - до 140 МПа.

Теплостойкость полимеров, определяемая их составом и структурой, невысокая и составляет 40 -140°C. Исключение составляют политетрафторэтилен и кремнийорганические полимеры, теплостойкость которых достигает соответственно 250 и 550°C.

Полимеры и пластмассы обладают высокой водо- и химической стойкостью.

Стойкость к влаге объясняется тем, что многие из них являются водо- и паронепроницаемыми.

Химическое строение и физическая структура обуславливают малую теплопроводность полимеров. Придание пластмассам пенистой структуры позволяет снизить их теплопроводность. Пенопласты также являются хорошими звукоизоляторами.

Коэффициент температурного расширения полимеров весьма значителен, например, у полиэтилена в 21 раз больше, чем у стали.

Многие полимеры обладают высокой светопрозрачностью, например, полиметилметакрилат, который широко используют для остекления.

Прочность пластмасс меняется в широком диапазоне. Так, временное сопротивление колеблется от 30 до 480 МПа. Наибольшей прочностью обладают конструкционные стеклопластики, например, стекловолокнистый анизотропный материал (СВАМ) имеет временное сопротивление растяжению 450 МПа, сжатию - 400 МПа, изгибу - 635 МПа и срезу - 150 МПа.

Модуль упругости наиболее жестких пластмасс сравнительно мал при растяжении, сжатии и изгибе не выходит за пределы 4 103МПа.

Полимеры и пластмассы обладают низкой устойчивостью к температурным воздействиям. Прочность их интенсивно снижается при переходе из твердого состояния в вязкое или в связи с нарушением структуры полимера. Изменения физико-механических свойств при нагревании связаны с необратимыми процессами, и в первую очередь с термоокислительной деструкцией. А так как деструкция происходит при относительно невысоких температурах, то даже при незначительном нагревании наблюдается существенное снижение прочности и изменение других физико-механических свойств. Это определяется видом и количеством входящих в состав компонентов. Практически все полимеры при нагревании теряют прочность, жесткость и увеличивают пластичность. Временное сопротивление в зависимости от температуры интенсивно снижается. Так, у полиэтилена высокого давления (БД) при нагревании его от $(-60)^{\circ}\text{C}$ до $(+20)^{\circ}\text{C}$ оно снижается в 3 раза, а при нагревании до $(+100)^{\circ}\text{C}$ - в 19 раз,

У политрифторэтилена (фторопласта-3) при нагревании от $(-60)^{\circ}\text{C}$ до $(+20)^{\circ}\text{C}$ предел прочности при растяжении снижается более чем вдвое, а при нагревании до $(+100)^{\circ}\text{C}$ - в 13 раз. При нагревании винипласта от 0°C до 90°C предел прочности при растяжении снижается в 7 раз. Прочность полиметилметакрилата (оргстекла) при нагревании снижается более интенсивно, чем у других полимеров. При $(+100)^{\circ}\text{C}$ она снижается до нуля. Временное сопротивление растяжению полиамида-6 (капрона) при нагревании от $(-40)^{\circ}\text{C}$ до $(+100)^{\circ}\text{C}$ снижается вдвое. Особенно интенсивное снижение прочности происходит при нагревании выше 100°C .

Пластические массы в меньшей степени, чем полимеры обладают значительным снижением прочности при нагревании. Наиболее стабильными при повышении температуры являются свойства кремнийорганических стекловолоконитов, таких как КМС-9.

Одним из показателей термической стойкости материала служит величина потери массы при нагревании. Потеря массы

только на 6-8% вызывает большую потерю прочности. Например, при нагреве до 250 °С и последующей 50-часовой выдержке стекловолкнит АГ-4 теряет 8,5%, а КМС-9 - 2% своей массы.

Термическая деструкция кремнийорганических стеклопластиков происходит при температуре выше 350-400°С, для полиэфирных стеклопластиков - при 250°С. Стеклотекстолит ФН, изготовленный на основе фенол-формальдегидного полимера, совмещенного с фурфуролом, при нагревании до 250°С снижает прочность при изгибе в 2,2 раза.

Существует мнение, что все полимеры и пластмассы чрезвычайно пожароопасны, поскольку все они легко воспламеняются, интенсивно горят, при пожаре выделяют большое количество дыма и токсичных газообразных продуктов разложения и горения. Это в корне ошибочное представление о пожарной опасности полимерных материалов. Разнообразие видов полимерных материалов требует строго индивидуального подхода к оценке пожарной опасности конкретного материала. Числовые значения параметров, характеризующих пожарную опасность пластмасс, зависят в первую очередь от входящего в их состав полимерного связующего, затем - от вида и количества наполнителей, технологических добавок.

Кроме того, практика, а также многочисленные эксперименты показали, что пожарная опасность пластмасс существенно зависит от характера огневого воздействия на материал, от особенностей его применения и условий окружающей среды.

Ориентировочные данные по группам горючести по ГОСТ 30244-94 [5] представлены в табл. 2.

Исследованиями установлено, что способность распространения пламени по поверхности отделочных материалов зависит от вида материала, ориентации в пространстве (пол, стена, потолок), материала основания (подложки). Наиболее существенное влияние на способность распространения пламени по поверхности материалов оказывает величина теплового воздействия.

Таблица 2. Горючесть некоторых полимерных строительных материалов

Наименование материалов и изделий	Шифр технической документации на материал
А. Горючие материалы (ГЗ, Г4)	
Плиты древесностружечные (ДСП)	ГОСТ 10632-77
Плиты древесноволокнистые (ДВП)	ГОСТ 4598-74
Стеклопластик полиэфирный листовой	МРТУ 6-11-134-79
Стекло органическое: - конструкционное - техническое	ГОСТ 15809-70 ГОСТ 17622-72
Пластик бумажноволокнистый декоративный	ГОСТ 9590-76
Плиты теплоизоляционные из пенопласта полистирольного	ГОСТ 15583-70
Дивинилстирольный герметик	ТУ 38405-139-76
Эпоксидно-каменноугольная мастика	ТУ 21-27-42-77
Полиуретановые пенопласты: - ППУ-316 - ППУ-317	ТУ 6-05-221-359-75 ТУ 6-05-221-368-75
Поливинилхлоридный пенопласт марки: - ПВ-1 - ПХВ-1	ТУ 6-06-1158-77 ТУ 6-05-1179-75
Прокладки уплотняющие пенополиуретановые	ГОСТ 10174-72
Пленка полиэтиленовая	ГОСТ 10354-73
Пленка полистирольная	ГОСТ 12998-73
Пергамин кровельный	ГОСТ 2697-75
Рубероид	ГОСТ 10293-82
Прокладки резиновые	ГОСТ 19177-81
Фольгоизол	ГОСТ 204429-75
Б. Трудногорючие материалы (Г1, Г2)	
Плиты теплоизоляционные из пенопластов на основе резольных фенолформальдегидных смол	ГОСТ 20916-75
Пенопласт ФРП-1 при $\rho_s > = 80 \text{ кг/м}^3$	
Эмаль ХП-799 на хлорсульфированном полиэтилене	ТУ 84-618-75
Битумно-полимерная мастика БПМ-1	ТУ 6-10-882-78
Плиты древесноминеральные	ТУ 66-16-26-83
Стеклотекстолит конструкционный	ГОСТ 10292-74
Плиты и маты теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем марок 50-125	ГОСТ 95573-82
Маты минераловатные прошивные	ГОСТ 21880-76
Стеклопластик рулонный на перхлорвиниловом лаке	ТУ 6-11-416-76
В. Негорючие материалы (НГ)	
Наименование материалов и изделий	Шифр технической документации на материал
Листы гипсокартонные (ГКЛ)	ГОСТ 6266-81
Листы гипсоволокнистые (ГВЛ)	ТУ 21-34-8-82
Плиты цементностружечные (ЦСП)	ТУ 66-104-83
В. Негорючие материалы (НГ)	
Стеклопор	ТУ 21-РСФСР-2.22-74
Плиты перлитофосфогелевые теплоизоляционные	ГОСТ 21500-76

Для каждого материала существует критическая поверхностная плотность теплового потока (КППТП), ниже которого распространение пламени не происходит (табл. 3).

Таблица 3. Величина КППТП для некоторых материалов

Материал (положение - "стена")	КППТП кВт/м ²	Группа распространения пламени
Древесно-волоконистая плита	3	РП4
Масляная краска МП-21-39	3	РП4
ДБСП (ГОСТ 9590-76)	15,0	РП1
ДБСП - антипирированный (ТУ 400-1-18-84)	20,4	РП1
Бумага "Декор Дуб-59"	26	РП1

В табл. 4 представлены данные по дымообразующей способности строительных материалов.

Таблица 4. Дымообразующая способность некоторых строительных материалов

Наименование материала (изделия из него)	Стандарты или ТУ	Коэффициент дымообразования D_m , м ³ /кг	
		тления	горения
А. Материалы с высокой дымообразующей способностью $D_m > 500$, группа ДЗ [2, 3]			
Обои ПВХ на бумажной основе	ТУ 21-29-11-72	1560	630
Пенопласт ПВХ	СТУ 14-07-41-64	2090	1290
Полистирол	ВТУ 33078-60	280	760
Пенопласт ПСБ-С	ГОСТ 15588-70	1660	770
Пенополистирол ПС-1-600		1610	1050
Пенополиуретаны:			
ППУ-3с	ОСТ 5.3025-82	770	530
ППУ-7г	ВТУ 8-98-67	1430	610
Марка ОПС-2	ТУ 6-01-2-509-77	550	470
Плиты древесноволокнистые	ГОСТ 8904-66	760	130
Стеклопластик	ТУ 6-11-10-62-81	640	340
Полиэтилен	ГОСТ 16337-70	1290	890
Пленка ПВХ марки ПДО-15	ГОСТ 24944-81	640	400
Б. Материалы с умеренной дымообразующей способностью D_m 50-500, группа Д2 [2, 3]			
Декоративный бумажно-слоистый пластик (ДБСП)	ГОСТ 9590-76	180	80
" "	ТУ 400-1-18-79	150	30
Линолеум ПВХ плиточный	ГОСТ 164-75	250	260
Линолеум ПВХ однослойный	ТУ-21-99-90-80	130	440
Стекло органическое, марка СТ-1	ГОСТ 15809-70	310	140
Пленка ПВХ марки ПДО-15	ГОСТ 244944-81	640	400
Плиты древесноволокнистые огнезащитные ППУ-306	ТУ 13-51-2-79	240	10
	ТУ 203-71	70	250
Стеклотекстолит КЛСТ-В		90	50
В. Материалы с малой дымообразующей способностью $D_m < 50$, группа Д1			
Пенопласт ФРП	ТУ 6-05-221-304-74	5	5

В табл. 5 представлены данные по составу и токсичности продуктов горения некоторых строительных материалов. Анализ гибели людей на пожарах показал, что главной причиной, вызвавшей смерть, является отравление оксидом углерода. Это связано, прежде всего, с тем, что оксид углерода выделяется в больших количествах при термическом разложении и горении практически всех материалов органического происхождения. Кроме того, оксид углерода приблизительно в 300 раз активнее, чем кислород взаимодействует с гемоглобином крови. Это приводит к образованию карбоксигемоглобина крови вместо оксигемоглобина, который является поставщиком кислорода всем участкам человеческого организма.

Таблица 5. Токсичность продуктов горения полимерных материалов

Наименование материала (изделия из него)	Стандарт, ТУ	Выделение продуктов горения, мг/г				Показатель токсичности, г/м ³	Группа токсичности [2]
		СО	СО ₂	HCN	окислы азота		
Целлюлоза	ТУ-81-04-543-79	60,0	1152	-	-	45,0	T2
Линолеум ПВХ экструзионный	ТУ 400-1-484-73	69,3	777	-	-	61,0	T2
Древесностружечная плита	ГОСТ 10632-77	108	857	-	-	49,0	T2
Стеклопластик ПН-1	ОСТ 6-11-390-75	57,9	1270	0,06	-	63,0	T2
Пенополиуретан ПУ-318	ТУ 6-05-221-469-79	121	944	5,19	12,2	26,0	T3
Пенополистирол	ГОСТ 15588-70	-	-	-	-	39,7	T3
Пенопласт ФРП	ВТУ ВНИИСС № 50-65	539	656	1,56	0,99	6,6	T4
Декоративный бумажнослоистый пластик (ДБСП)	ГОСТ 9590-76	-	-	-	-	11,2	T4

Показатели, охарактеризованные выше, используются для классификации строительных материалов в противопожарном нормировании. Однако полная характеристика пожарной опасности далеко не исчерпывается этими показателями. В настоящее время известен целый ряд показателей, которые также характеризуют горючесть материалов и сопутствующие явления. Эти показатели используют для сравнительной оценки

материалов, а также на практике для пожарно-технических расчетов.

Наиболее широко для сравнительной оценки полимерных материалов в целом и строительных пластмасс в частности используют *метод определения «предельного кислородного индекса»* - *КИ*. По физическому смыслу *предельный кислородный индекс* - это минимальное содержание кислорода в воздухе, при котором еще наблюдается устойчивое диффузионное горение [1]. Он может быть выражен в разных относительных единицах - в малых, массовых и объемных долях или в процентах. Чем выше значение предельного кислородного индекса для материала, тем этот материал менее горюч, поскольку для поддержания устойчивого горения требуется большее количество кислорода. Подавляющее большинство материалов имеет КИ меньше, чем у фенолформальдегидной смолы (КИ = 35,0), относящейся к группе горючести материалов - Г2, подавляющее число полимерных строительных материалов относится к группам материалов по горючести Г3, Г4.

Важным показателем, характеризующим пожарную опасность веществ и материалов, в том числе строительных, является низшая теплота сгорания. Числовые значения теплоты сгорания полимеров измеряются в пределах 4,6 МДж/кг (политетрафторэтилен) - 46,5 МДж/кг (полиэтилен, полипропилен). Это во многом объясняет тот факт, что пожары в современных зданиях, насыщенных полимерными материалами, развиваются более интенсивно.

Числовые значения низшей теплоты сгорания используют для расчета пожарной нагрузки в помещениях и температурного режима развития пожара.

Массовая скорость выгорания, как и скорость распространения пламени по поверхности, главным образом зависит от вида материала и от интенсивности теплового воздействия на материал. Для строительных материалов этот показатель лежит в пределах от 0,1 до 10 кг/м² (с 1 м²

поверхности за 1 с может выгореть от 0,1 до 10 кг материала), выделяя при этом соответствующее количество тепла, дыма и токсичных продуктов горения.

Теплоизоляционными называют материалы, обладающие малой теплопроводностью ($\lambda < 0,21$ Вт/м К) и предназначенные для тепловой защиты зданий, горячих поверхностей оборудования, трубопроводов и камер холодильников.

Они характеризуются пористым строением, малой объемной массой. Поскольку теплопроводность воздуха, заполняющего поры материала, очень мала ($\lambda_{в} = 0,02$ Вт/м • К), то с увеличением пористости понижается теплопроводность материала. Меньшей теплопроводностью обладают материалы с мелкими закрытыми порами. В крупных открытых порах возникают конвективные потоки воздуха, переносящие тепло, что повышает теплопроводность материала. С увеличением влагосодержания повышается теплопроводность материалов, т.к. теплопроводность воды значительно выше, чем воздуха.

Применение теплоизоляционных материалов и изделий в строительстве позволяет уменьшить толщину стен.

Классифицируют теплоизоляционные материалы и изделия из них по различным признакам, например, по виду исходного сырья: органические и неорганические. Органические имеют недостатки по сравнению с неорганическими - более высокую гигроскопичность, загниваемость, горючесть, меньшую прочность и теплостойкость.

Акустические материалы. Материалы, обладающие свойствами поглощать звук, называют звукопоглощающими, а способные изолировать помещения от проникновения звука - звукоизоляционными. Общее название их — акустические материалы. Акустические материалы классифицируют так же, как и теплоизоляционные: по характеру строения, виду сырья, объемной массе. Звукоизоляционные материалы применяют в виде прослоек в междуэтажных перекрытиях, во внутренних и наружных стенах.

Битумные и дегтевые эмульсии и пасты. Эмульсии представляют собой водобитумные или вододегтевые дисперсии (физические растворы).

Обычно в эмульсиях содержится около 50% воды, 45% битума или дегтя.

Преимущество эмульсий — возможность использования их в холодном виде. Битумные и дегтевые материалы в строительстве применяют для окраски кровель, устройства гидро- и пароизоляционного покрытия, приклеивания штучных и рулонных материалов, а также для покрытия поверхностей с целью их гидрофобизации (водоотталкивания - несмачиваемости).

Кровельные и гидроизоляционные материалы. В зависимости от применяемого вяжущего кровельные и гидроизоляционные материалы подразделяются на битумные и дегтевые. Между кровельными и гидроизоляционными материалами нельзя провести четкой границы, т.к. один и тот же материал может быть использован и как кровельный, и как гидроизоляционный или пароизоляционный. По внешнему виду выпускаемые материалы разделяют на рулонные и листовые, мастики, пасты и эмульсии.

Рулонные материалы водонепроницаемы, обладают малой теплопроводностью. Однако они менее долговечны, чем асбестоцементные или керамические и, кроме того, горючи. Для производства всех видов рулонных кровельных битумных и дегтевых материалов в качестве основы применяют кровельный картон, изготавливаемый из смеси растительных волокон, размолотого тряпья, макулатуры и целлюлозы; в его состав могут входить и волокна асбеста. Эти материалы на картонной основе разделяют на 2 вида: покровные и беспокровные. Первые получают путем пропитки основы битумом или дегтем и нанесения на поверхность покрытия из вяжущего с минеральным наполнителем. Вторые изготавливают без минеральных покрытий. К первому виду, например, относится рубероид, ко второму пергамин. Толь выпускают как покровный, так и беспокровный.

Рубероид - кровельный и изоляционный материал, изготавливаемый путем пропитки кровельного картона мягкими нефтяными битумами и последующего покрытия тугоплавкими нефтяными битумами с обеих сторон.

Стеклорубероид изготавливают путем нанесения на стекловолоконный холст двустороннего битумного покрытия. Основное преимущество стеклорубероида перед обычным — более высокая прочность его основы — стеклохолста по сравнению с картоном.

Пергамин изготавливают из кровельного картона, пропитанного нефтяным битумом. В отличие от рубероидов пергамин не имеет на поверхностях кровельного слоя битума и какой-либо посыпки. Применяют пергамин в основном для нижних слоев многослойных кровельных покрытий при укладке на горячих мастиках, а также для пароизоляции.

Гидроизол — беспокровный гидроизоляционный материал, изготовленный путем пропитки асбестовой бумаги нефтяными битумами. Основное его назначение - гидроизоляция подземных сооружений и устройство антикоррозийных покрытий трубопроводов. Гидроизол относят к группе горючих материалов (Г4).

Изол — получают путем смешивания нефтяного битума с резиновой крошкой и асбестовым волокном.

Бризол (битумно-резиновая изоляция) - рулонный гидроизоляционный материал, состоящий из нефтяного битума, дробленой резины, асбеста и пластификаторов. Применяют для защиты от коррозии подземных трубопроводов.

Толь получают путем пропитки специального картона каменноугольным дегтем и пеком. Обе стороны покрывают специальной минеральной посыпкой из сланцевой и асбестовой крошки, кварцевого песка и доменных шлаков. Применяют в основном для покрытия временных объектов строительства, а также гидроизоляции фундаментов, подвалов и прочих подземных сооружений.

Битумные и дегтевые мастики. По способу применения их делят на горячие и холодные. Горячие - применяют с

предварительным подогревом до 130-180°C. Холодные — без подогрева до температуры воздуха не ниже 5°C. Мастики всех видов содержат наполнители минеральные и органические. Горячие мастики применяют для приклеивания кровельного ковра к основанию, склеивания отдельных слоев ковра между собой, устройства мастичных кровель, армированных стекловолокнистыми материалами. Холодные мастики обычно растворяют на бензине, лигроине, уайт-спирите, керосине, нефтяных маслах. Применяют их для приклеивания рулонных материалов, устройства защитного покрытия, для гидро- и пароизоляции.

Минераловатные изделия. Изготавливают на основе различных связующих.

Минеральная вата представляет собой теплоизоляционный материал, состоящий из тонких стекловидных волокон, получаемых путем распыления жидкого расплава горных пород или металлургических шлаков. Марки минеральной ваты (т.е. объемная масса) колеблются от 75 до 150 кг/м³; λ - от 0,035 до 0,046 Вт/м К. Предельная температура применения $t_{пр} = 600^\circ\text{C}$. Используют в качестве засыпок и набивок. Из минеральной ваты изготавливают в основном следующие виды изделий:

Минераловатные плиты изготавливают с добавкой вяжущих (смолы, битума, глины). Плиты на фенольной связке обладают следующими характеристиками: объемная масса — 100-175 кг/м³; $\lambda = 0,05$ Вт/м • К; $t = 200^\circ\text{C}$. Плиты на битумной связке: объемная масса - 250-400 кг/м³; $\lambda = 0,06- 0,08$ Вт/м • К.

Кроме плит, из минеральной ваты изготавливают скорлупы и маты. Горючесть минераловатных изделий зависит от вида и количества связующего вещества: негорючие (НГ) — связующее - глина или горючее связующее при содержании до 6% по массе; горючие (Г1, Г2) - 7-15%; горючие (Г3, Г4) - более 15%.

Акмигран - акустические плиты из минеральной гранулированной ваты. Состав: минвата - 65%; глина - 20%;

крахмал - 12%; парафин и бура— 1%. Объемная масса — 350-400 кг/м³, $\lambda = 0,098$ Вт/м • К. Горючий материал (Г 1, Г2) применяют как отделочный для подвесных потолков.

Материалы на основе стекла.

Стекловолоконная вата. Получают из сырья, служащего для изготовления стекла (SiO², сода и др.), а также из расплава стеклянного боя. Стекловолоконные волокна прочнее волокон минеральной ваты. Свойства аналогичны. Объемная масса - 130 кг/м³ (в рыхлом состоянии); $t = 450^{\circ}\text{C}$; $\lambda < 0,052$ Вт/м • К. Стекловолоконную вату используют главным образом в виде матов.

Ячеистое стекло — высокопористый ($\Pi = 80-95\%$) материал, получаемый обжигом при температуре 900-1000°C смеси стеклянного порошка и газообразователя (известняк, кокс, антрацит). Объемная масса — 200-400 кг/м³; $t = 800^{\circ}\text{C}$; $\lambda = 0,128$ Вт/м • К; $R_{\text{cm}} = 2-6$ МПа. Производится в виде блоков и плит. Предназначается главным образом для теплоизоляции ограждающих конструкций зданий.

Материалы на основе вспученного перлита.

Вспученный перлит — сыпучий материал, получаемый путем обжига (1-2 мин) водосодержащей горной породы при температуре 700-1250°C. В результате задержки удаления воды при быстром нагревании перлита происходит увеличение его объема в несколько раз (до 20). Объемная масса -75-200 кг/м³; $\lambda = 0,4-0,6$ Вт/м • К; $t_{\text{пр}} = 600 - 900^{\circ}\text{C}$ - в зависимости от вида связующего в изделиях. Вспученный перлит применяют в сыпучем виде (песок) и в виде изделий. Песок применяют в качестве заполнителя для теплоизоляционных бетонов, растворов, изделий, а перлитовый щебень в качестве пористого заполнителя для теплоизоляционных и легких бетонов.

Вермикулитовые изделия.

Вспученный вермикулит - сыпучий, зернистый материал, получаемый путем обжига (3-5 мин) при температуре 800-1000°C минерала вермикулита, представляющего собой природные гидратированные слюды (алюмосиликаты магния). При этом его объем увеличивается в 20 и более раз.

Объемная масса вспученного вермикулита - 100-200 кг/м³; $\lambda = 0,004-0,075$ Вт/м · К; $t_{пр} = 1100^{\circ}\text{C}$. Применяют как наполнитель в огнезащитных красках и обмазках; также как и перлит, используется в качестве заполнителя для бетонов и штукатурных растворов.

Вулканический пепел, песок, пемза, туф.

Пористые горные породы, объемная масса — 400-1400 кг/м³; $\lambda = 0,11 - 0,33$ Вт/м · К; $t_{пр} = 1300^{\circ}\text{C}$. Используют в качестве теплоизоляционных засыпок и набивок, а также в виде плит, блоков и других изделий для теплоизоляции зданий,

Кроме перечисленных, выпускают плиты и маты из волокон базальта, кремнезема. Теплоизоляционные материалы на неорганической основе относятся к группе негорючих материалов, Исключение составляют плиты с использованием органических связующих. Их горючесть зависит от вид; и количества связующего. Особенностью поведения в условиях пожара не органических теплоизоляционных материалов является потеря структурной целостности и снижение, а порой полная утрата теплоизолирующих свойств.

Органические теплоизоляционные материалы получают из растительного сырья и отходов: древесных стружек, опилок, костры, камыша торфа и других, а также на основе полимеров.

Древесно-волоконистые плиты (ДВП) изготавливают из отходов древесины путем формования и пропитки синтетическими смолами. Объемная масса — 250 кг/м³; $\lambda = 0,75$ Вт/м · К. Плиты горючи (Г4). Легко загораются и горят даже под слоем штукатурки или другого облицовочного материала что обусловлено наличием достаточного количества воздуха в порах. Следовательно, поверхностные методы огнезащиты для этого материала малоэффективны.

Древесно-стружечные плиты (ДСП) изготавливают путем горячего спрессования древесных стружек, пропитанных полимерным связующим. Объемная масса - 250-400 кг/м³; $\lambda = 0,058$ Вт/м · К. Плиты горючи (Г4). Их пожароопасные свойства определяются видом связующего и древесных стружек.

Фибролит применяют для теплоизоляции; объемная масса 300-350 кг/м³. Существует еще конструкционный фибролит с

объемно(массой 400-500 кг/м³. Фибролит при объемной массе > 300 кг/м³ – горюч (ГЗ).

Торфоплиты. Сырьем служит молодой, еще не перегнивший торф, с большим количеством мха. Плиты получают горячим прессованием. Вяжущего материала для скрепления волокон торфа не требуется, т.к. при температуре 120-150°C содержащиеся в торфе коллоидальные вещества склеивают волокна торфа и переходят в нерастворимое состояние. Объемная масса - 170-250 кг/м³ (при влагосодержании 15%); $\lambda = 0,058-0,07$ Вт/м*К $t_{пр} < 100^\circ\text{C}$. Торфоплиты горючи (Г4) - горят открытым пламенем и интенсивно переугливаются, что затрудняет тушение пожара. Для защиты от возгорания плиты оштукатуривают. Торфяные теплоизоляционные плиты применяют для изоляции стен и перекрытий. В связи с появлением новых, более эффективных теплоизоляционных материалов, производство плит сокращается.

Строительный войлок изготавливают из низких сортов шерсти с добавлением льняной пакли и клеящих веществ. Объемная масса - 150-200 кг/м³; $\lambda = 0,06$ Вт/м • К. Материал горюч (ГЗ-Г4). Чаще горит не открытым пламенем, а интенсивно тлеет, выделяя удушливый дым. Понижение горючести достигается пропиткой его глиняным раствором.

Пакля представляет собой спутанные волокна отходов обработки льна, конопли. Объемная масса - 150 кг/м³; $\lambda = 0,06$ Вт/м • К, легковоспламеняющийся материал (Г4).

Камышит и соломит - спрессованные плиты из камыша, тростника или соломы. Объемная масса - 200-250 кг/м³; $\lambda = 0,08-0,11$ Вт/м • К. Материалы горючие (Г4). Для защиты от возгорания, гниения и грызунов оштукатуривают. Применяют для заполнения стен и перекрытий, для устройства перегородок. В группу органических теплоизоляционных материалов входят также газонаполненные пластики.

Битумные и дегтевые материалы являются горючими (ГЗ-Г4), поскольку их изготавливают на горючих вяжущих веществах и заполнителях.

Более показательными характеристиками для данных материалов являются температуры воспламенения, самовоспламенения и вспышки. В частности, нефтяные битумы имеют следующие характеристики: $t_{всп} = 184-270^{\circ}\text{C}$ $t_{всп} = 285-351^{\circ}\text{C}$; $t_{всп} = 368-397^{\circ}\text{C}$. Кроме того, битумы при нанесении на шлаковату склонны к самовозгоранию. Материалы на основе битума имеют следующие характеристики. Изол имеет $t_{в} = 345^{\circ}\text{C}$; $t_{св} = 410^{\circ}\text{C}$, бризол - $t_{в} = 340^{\circ}\text{C}$; $t_{св} = 405^{\circ}\text{C}$. При температуре 70°C изол и бризол склонны к самовозгоранию. Мастика резино-битумная имеет $t = -30^{\circ}\text{C}$.

Исходные сведения об огнезащите органических материалов

Концепции огнезащиты органических материалов основаны на классическом «треугольнике горения» (горючее — окислитель — источник зажигания). Чтобы предотвратить или затормозить горение материала с последующими процессами (дымовыделения, образования токсичных продуктов) необходимо или исключить один из компонентов «треугольника», или разорвать связи между «углами», физическими и химическими методами. К физическим методам относятся: замедление подвода тепла к материалу за счет теплоизолирующего экранирования его поверхности; охлаждение зоны горения в результате увеличения отводов тепла в окружающую среду; ухудшение условий переноса реагентов (горючих паров, газов и кислорода) к фронту горения (создание физического барьера между материалом и окисляющей средой).

К химическим методам могут быть отнесены: целенаправленные изменения структуры материала, соотношения и состава его материала; воздействие химических реагентов — ингибиторов газофазных реакций горения; воздействие химических реагентов, влияющих на твердофазные процессы пиролиза.

В ряде случаев снижение горючести материала ведет к снижению его дымообразующей способности и уменьшению выхода токсичных продуктов, однако часто наблюдается увеличение дымообразования и токсичности продуктов горения

при его торможении. Например, это характерно при введении в полимеры галогенсодержащих антипиренов. Способы подавления дымообразования и выхода токсичных продуктов базируются на знании механизма этих процессов. В частности, активное дымоподавление происходит при введении в состав полимеров гидратированных минералов. Разлагаясь при высокой температуре, гидроксиды выделяют большое количество влаги, которая адсорбирует частицы дыма.

Снижение выхода токсичных продуктов осуществляют: путем простого разбавления; изменением хода реакций пиролиза и горения, в результате чего увеличивается выход инертных веществ; путем поглощения и связывания токсичных компонентов.

Огнезащита древесины и изделий на ее основе

Способность древесины воспламеняться и гореть является недостатком, во многом сдерживающим более широкое применение ее в строительстве. В то же время многочисленные достоинства древесины вызывают к ней повышенный интерес и стремление к более широкому использованию в качестве декоративно-отделочного и конструкционного материала.

Чтобы уменьшить пожарную опасность древесины, связанную с ее способностью воспламеняться и гореть, древесину подвергают огнезащитной обработке. Как показала практика, использование огнезащитной обработки древесины значительно уменьшает вероятность ее воспламенения от маломощных источников, увеличивает время задержки воспламенения при действии более мощных источников и открытого пламени, а также замедляет процесс распространения пламени по поверхности деревянных изделий и конструкций.

В качестве огнезащитных средств для древесины и деревянных конструкций применяют: теплоизолирующие «одежды», огнезащитные покрытия (к числу которых относят краски, обмазки), растворы огнезащитных веществ-антипиренов. Физический механизм огнезащитного действия этих средств основан на разрушении одной из связей в классическом треугольнике горения. Так, теплоизолирующие одежды защищают поверхность древесины от действия

источника тепла и тем самым препятствуют протеканию процессов терморазложения древесины и воспламенения ее продуктов разложения. В качестве теплоизолирующих (термоизолирующих) одежд используют: штукатурку (мокрую и сухую листовую), другие минеральные и листовые материалы, вспучивающиеся покрытия.

Краски и обмазки выполняют газо-изолирующую функцию. Они препятствуют выходу продуктов разложения из древесины и проникновению к ним кислорода воздуха. В результате затрудняются условия образования горючей смеси в газовой фазе.

Антипирены, как правило, оказывают влияние на процессы термоокислительного разложения, воспламенения и горения древесины. В частности, фосфоросодержащие антипирены, которые наиболее широко используют для огнезащиты древесины, усиливают процесс ее карбонизации, что приводит к уменьшению выхода горючих продуктов разложения

Все применяемые для огнезащиты древесины методы можно разделить на физические, химические и смешанные, а также на поверхностные, глубокие и комбинированные. К физическим методам следует отнести применение теплоизолирующих одежд, инертных красок и обмазок. К химическим методам относят пропитку антипиренами. Применение красок и обмазок, содержащих антипирены, можно отнести к смешанным методам. В свою очередь, поверхностными методами огнезащиты являются: использование термоизолирующих одежд, красок и обмазок, поверхностной пропитки антипиренами. К методам глубокой огнезащиты относят пропитку древесины в автоклавах под давлением и в горяче-холодных ваннах. К комбинированным методам огнезащиты можно отнести глубокую пропитку древесины в горяче-холодных ваннах с последующей окраской атмосфероустойчивой огнезащитной краской.

Важным условием эффективности и надежности любого метода огнезащитной обработки древесины является строгое соблюдение технологического регламента работ по огнезащите. Как правило, этот регламент изложен в ГОСТ на конкретный

метод обработки, а также в технических требованиях и инструкциях. В регламенте указывают материалы и вещества, которые следует применять для обработки, а также их возможные заменители. Состав и способ приготовления огнезащитной композиции: способ ее применения - поверхностное нанесение или глубокая пропитка: оборудование для проведения огнезащитной обработки; нормы расхода состава на единицу поверхности или объема обрабатываемой древесины; количество наносимых слоев и условия сушки при поверхностной обработке; огнезащитную эффективность применяемого метода. Кроме того, в регламенте могут быть оговорены особые условия проведения и применения обработки: влажность обрабатываемой древесины, температура и влажность окружающего воздуха, химическая агрессивность среды и т.д. В частности, большинство огнезащитных красок и обмазок следует наносить при температуре окружающего воздуха не ниже + 10°C и влажности воздуха не более 70%.

Поверхностные огнезащитные средства. Традиционно применяют следующие средства.

Силикатная краска СК-Л. Состав: жидкое натриевое стекло - 54%, литопон - 39%, вермикулит — 7%. Способ приготовления: к смеси литопона с вермикулитом добавляют небольшое количество жидкого стекла и массу тщательно перетирают до образования однородной пасты. В полученную пасту при непрерывном перемешивании добавляют остальное количество жидкого стекла. Краску наносят ровным слоем кистью за три раза с перерывом между нанесениями каждого слоя не менее 6 ч. Расход краски на 1 м² поверхности — 500 г.

Суперфосфатная обмазка. Состав: суперфосфат сухой — 70%, вода — 30%. Способ приготовления: в посуду засыпают требуемое количество суперфосфата и к нему при непрерывном перемешивании добавляют воду до получения молярной консистенции. Приготовленная обмазка пригодна для работы в течение 5-6 ч. Обмазку наносят ровным слоем кистью за два раза. Время сушки между нанесением каждого слоя не менее 24 ч. Расход обмазки - 1200 г/м².

Известково-глиносолевая обмазка ИГС. Состав: известковое тесто - 74%, глина - 4%, соль поваренная - 11%, вода - 11%. Способ приготовления: известь, просеянную через сито, замешивают с водой в соотношении 1:1. Поваренную соль просеивают через сито, смешивают с требуемым количеством воды и на этой смеси замешивают необходимое по рецепту количество глины. Полученное глиняное тесто смешивают с ранее приготовленным известковым тестом. Обмазку наносят кистью в два слоя с промежуточной сушкой после нанесения первого слоя не менее 10 ч. Срок высыхания обмазки при температуре 18-20°C - 12 ч. Расход обмазки - 1400 г/м².

Покрытие по древесине фосфатное огнезащитное ОФП-9 (ГОСТ 23790-79). Состав: сухая смесь, в которую входят полиметафосфаты натрия 35-40%, зола уноса ТЭС — 14-16%, железный сурик или окись цинка - 4-6%, тиомочевина — 18-22% - 5 весовых частей; вода водопроводная — 4 весовых части. Вместо теомочевины можно применять мочевину, тогда необходимо брать 4 весовых части сухой смеси без мочевины и 1 весовую часть мочевины. Способ приготовления: сухую смесь засыпают в сосуд с необходимым количеством воды, подогретой до температуры 20-70°C, и перемешивают до получения однородного состава. При применении мочевины ее предварительно растворяют в воде, а затем добавляют сухую смесь.

Покрытие наносят в три слоя пневмораспылителем. Каждый слой покрытия должен быть высушен не менее 2 ч при температуре 50°C или 24 ч - при естественной температуре. Толщина покрытия - 0,6-0,8 мм, расход сухой смеси 500-700 г/м².

Покрытие по древесине вспучивающееся огнезащитное ВПД (ГОСТ 25130-82). Состав, %: меламина и мочевиноформальдегидная смола - 31,9%, 5%-й водный раствор натриевой соли и карбоксиметилцеллюлозы — 15,9%, мелем - 18,4%, дициандиаמיד - 6,3%, аммофос - 27,5%. Исходную композицию в виде густотертой пасты разбавляют водой до требуемой консистенции. Покрытие наносят до толщины 0,2 мм, расход 700 г/м².

Состав ТХЭФ - раствор треххлорэтилфосфата в четыреххлористом углероде наносят на древесину пропиткой в холодных ваннах, кистью или валиком, расход - 600 г/м².

Вспучивающееся покрытие «Экран-Д» - смесь термостойких газообразующих наполнителей в водном растворе мочевиноформальдегидной смолы и жидкого стекла, состав изготавливают в заводских условиях и выпускают в двух частях - А и Б. Обе части перемешивают до получения однообразной массы. Расход сырого состава — 1,2-1,5 кг на один слой покрытия, количество слоев - не менее трех, общая толщина покрытия 3-3,5 мм.

Кроме того, в последние годы появилось много новых отечественных огнезащитных средств, разрабатываемых и применяемых малыми предприятиями. Также нашли широкое использование в нашей стране импортные огнезащитные средства.

Пропитка древесины антипиренами

Поверхностная пропитка антипиренами. Состав: фосфорнокислый аммоний (диаммонийфосфат) — 20%, сернокислый аммоний (сульфат аммония) - 5%, керосиновый контакт - 3%, вода - 72%. Приготовление раствора: в теплой воде (75% от общего количества ее по рецепту) размешивают фосфорнокислый аммоний и подливают керосиновый контакт, добавляют сульфат аммония, перемешивая его до растворения. Затем доливают оставшееся количество воды, за вычетом избытка воды, содержащейся в разбавленном керосиновом контакте; раствор тщательно перемешивают и дают отстояться в течение суток. Способ пропитки: раствор наносят на поверхность изделия кистью или краскопультом. При обработке раствором комнатной температуры состав наносят трижды с перерывами по 6 часов. При температуре раствора 50-60°С его наносят два раза с перерывом 12 ч. Расход раствора - 1100 г/м².

Глубокую пропитку древесины антипиренами под давлением производят в специальных заводских установках.

Для пропитки применяют раствор, состоящий из солей аммония (антипиренов), фтористого натрия (антисептик) и воды. Рецепт пропиточного состава МС 1:1 следующая:

диаммонийфосфат — 7,5%, сульфат аммония — 7,5%, фторид натрия - 2,0%, вода — 83%. Древесина, подвергаемая глубокой пропитке, должна быть с влажностью не более 15%. Древесные породы, значительно отличающиеся по объемной массе, следует пропитывать отдельно, так как при совместной пропитке все породы приходится выдерживать в растворе длительное время, а это ведет к ослаблению механических свойств легкопропитываемых пород. Изделия, значительно отличающиеся по размерам, по той же причине пропитывают отдельно. Последовательность пропитки следующая.

1. В пропиточный цилиндр (автоклав) загружают древесину.

2. Герметизируют аппарат.

3. Включают вакуум-насос и в пропиточном цилиндре постепенно (в течение 30 мин) создают вакуум до 85,5 кПа.

4. В цилиндр подают раствор из резервуара, при этом вакуум не должен снижаться ниже 79,0 кПа.

5. Вакуум-насос выключают и с помощью насоса в пропиточный цилиндр подают раствор под давлением. Постепенно, в течение 1 ч давление доводят до расчетного и держат давление до окончания поглощения раствора, момент которого определяется прекращением убывания раствора в мернике. Величина давления и время пропитки зависят от породы древесины и размеров образцов. Например, для таких легкопропитываемых пород, как ольха, бук, береза длительность пропитки 2-6 ч, а давление 0,8-1,0 Мпа; для сосны и кедра 8-12 ч и 1,0-1,2 Мпа; для дуба 15-20 ч и 1,5-1,6 Мпа. Температуру пропиточного раствора поддерживают 55-60°С.

6. По окончании пропитки давление постепенно (в течение 20-30 мин) снижают до нуля, в течение 20 мин древесина продолжает оставаться в пропиточном цилиндре для стекания раствора.

7. Выгружают древесину, взвешивают на весах и направляют на сушку.

Глубокая пропитка древесины в горяче-холодных ваннах составом МС 1:1, описанном выше, или составом МС 3:7, рецептура которого следующая: диаммонийфосфат - 6%,

сульфат аммония - 14%, фторид натрия - 1%, вода - 79%. Пропитку ведут в баках, на дне которых для нагрева и охлаждения прокладывают змеевики, соединенные с соответствующими паровыми или водяными трубопроводами. Порядок пропитки: деревянные изделия загружают в бак, подают раствор с температурой 80-90°C и деревянные детали выдерживают до 24 ч. При этом из пор древесины выходит воздух.

Затем в бак снизу подают холодный раствор так, что он вытесняет горячий раствор, который сливают через верх бака. Время выдержки в холодном растворе до 24 ч. По окончании пропитки раствор сливают, древесину выгружают, взвешивают и определяют количество антипиренов, впитавшихся в древесину. Достоинством способа являются простота и несложность оборудования, а недостатки - слабая пропитываемость середины изделий из древесины, ограниченная возможность регулирования количества вводимого пропиточного состава, значительная затрата времени на поглощение раствора. При пропитке в древесину вводится всего 50 кг/м³ солей аммония.

Физическая сущность процесса пропитки состоит в следующем. При погружении в горячий раствор воздух в порах расширяется и выходит из них - в порах создается разрежение, поэтому в них затем проникает холодный пропиточный раствор. При выборе состава для конкретных условий учитывают их огнезащитную эффективность, а также технологические и эксплуатационные показатели.

Оценка огнезащитной эффективности покрытий и пропиток

Оценку эффективности проводят по ГОСТ 16363-98 «Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств» [9].

Суть оценки заключается в измерении потери массы образца обработанной древесины в результате огневого воздействия. Если среднее арифметическое значение потери массы образцов не превышало 9%, то покрытие

или пропиточный состав относят к 1 группе средств, обеспечивающих получение трудногораемой (по устаревшей классификации) древесины (Г1, Г2); если среднее арифметическое более 9, но менее 30%, то состав относят ко II группе средств, обеспечивающих получение трудновоспламеняемой древесины (Г3); если - 30% и более, то состав относят к III группе средств, не обеспечивающих огнезащиту древесины (Г4).

Практика показала, что снижение группы горючести древесины до Г1-Г2 обеспечивают: глубокая пропитка антипиренами под давлением; глубокая пропитка антипиренами в горяче-холодных ваннах с последующей окраской атмосфероустойчивой огнезащитной краской; большинство видов термоизолирующих одежд; вспучивающиеся и фосфатные покрытия. Остальные методы, а именно, поверхностная пропитка антипиренами, инертные краски и обмазки, глубокая пропитка в горяче-холодных ваннах обеспечивают снижение горючести до группы Г3 [2].

Способы снижения пожарной опасности полимерных строительных материалов (ПСМ)

Особенности огнезащиты полимерных материалов определяются их разнообразием и многокомпонентностью составов. Поскольку горючесть полимерных материалов зависит от соотношения теплоты, выделяемой при сгорании продуктов пиролиза, и теплоты, необходимой для их образования и газификации, то снижение горючести можно обеспечить за счет уменьшения скорости газификации и снижения количества образующихся горючих продуктов следующими методами: введением инертных наполнителей; введением антипиренов; нанесением огнезащитных покрытий.

Введение наполнителей. Наполнители используют для получения материалов с заданными свойствами и для снижения их стоимости. Минеральные наполнители также снижают содержание горючих компонентов, влияют на процесс пиролиза полимеров и изменяют условия тепло - и массообмена при горении.

Введение антипиренов. Антипирены делят на два класса: механически совмещающиеся с полимерами и образующие с ними однородную смесь, и реакционноспособные соединения, включающиеся (в процессе синтеза или переработки полимерных материалов) в молекулярную структуру полимера. К инертным антипиренам относятся следующие группы.

1. Неорганические вещества — элементарный фосфор, фосфат или полифосфат аммония, гидроокись алюминия, сульфиды фосфора, бура, борат цинка со слабой степенью гидратации, фторобораты щелочных металлов, сульфаты, нитраты, хлориды, алюминия, калия.
2. Низкомолекулярные галоидосодержащие органические соединения ациклического (хлорированные парафины, содержащие более 50% хлора, пентабромэтан, тетрабромбутан), алициклического (гексабромциклогексан, производные гексахлорциклопентадиена) или ароматического (пентабром- и гексабромбензол, гексабром- и тетрабромбисфенол) строения.
3. Низкомолекулярные фосфорорганические соединения — эфиры фосфорной, фосфоновой или фосфиновой кислот (трикрелилфосфат, трихлорэтилфосфат, бис-(2-бромэтил)-фосфат, трис-(бромметил)-фосфиноксид, соли и основания четвертичного фосфония.
4. Высокомолекулярные галоид- и фосфоросодержащие соединения.
5. Органические азотосодержащие вещества, соединения бора, сурьмы и олова.

К реакционноспособным антипиренам относятся низко- и высокомолекулярные соединения, которые содержат наряду с пламягасящими группами атомов различные функциональные группы, способные к реакциям полимеризации, поликонденсации и полиприсоединения (ненасыщенные двойные связи, гидроксильные, карбоксильные, изоцианатные группы). Такие антипирены используют в качестве сомономеров и сшивающих агентов при синтезе полимеров или модификаторов это галоидосодержащие сомомеры (винилбромид, винилхлорид, монохлорстирол, дибромпропилакрилат или метакрилат), хлорэндиковый,

тетрахлор- и тетрабромфталевый ангидрид; хлорэтил; Н-бромвинилфосфонат.

Деление антипиренов на реакционноспособные и инертные является условным, так как пламягасящие добавки, не входя в молекулярную структуру полимеров, могут реагировать с другими компонентами и влиять на процесс образования полимера. В настоящее время существует несколько гипотез, объясняющих снижение горючести полимерных материалов в присутствии антипиренов: химическая, ионная, газовая, тепловая и образования защитного покрытия.

Обуглившаяся после первоначального термического разложения поверхность полимерных материалов может продолжать тлеть в результате выделения большого количества тепла при экзотермической реакции, что приводит к дальнейшему разложению и горению нижележащих слоев материала. Фосфоросодержащие антипирены являются практически единственными веществами, способными предотвратить тление материалов после прекращения пламенного горения и уменьшить возможность вторичного их возгорания, поскольку карбонизированный слой, содержащий фосфор, весьма устойчив к длительному нагреванию. Аналогичное действие оказывают борсодержащие соединения.

В соответствии с общеизвестными гипотезами снижения горючести полимерных материалов антипирены можно условно разделить по механизму их действия на группы:

- разлагающиеся с выделением негорючих газов, горение замедляется из-за повышения нижнего концентрационного предела воспламенения и снижения температуры пламени вследствие разбавления горючих продуктов пиролиза негорючими;
- галоидосодержащие, действие которых основано на ингибировании;
- радикальных цепных процессов в газовой фазе, образующие защитные пленки и способствующие повышению коксообразования - фосфор - и борсодержащие соединения, горючесть ПСМ снижается вследствие замедления тепло- и

массообмена между пламенем и поверхностью полимерных материалов.

Особое положение занимают вещества, сами не являющиеся антипиренами, но усиливающие их действие. Это так называемые синергисты. Типичным представителем этой группы соединений является трехокись сурьмы.

Антипирены должны удовлетворять следующим требованиям: обладать высокой эффективностью пламягасящего действия, хорошо совмещаться с полимерами, оказывать минимальное влияние на физико-механические свойства ПСМ, а также быть нетоксичными, достаточно доступными и относительно дешевыми. В настоящее время нет индивидуальных соединений, удовлетворяющих всем этим требованиям. Поэтому для снижения горючести полимерных материалов применяют комбинацию антипиренов перечисленных выше групп.

Горючесть полимеров обусловлена образованием на ранних стадиях разложения горючих летучих продуктов. Поэтому для создания огнезащищенных ПСМ используют направленный синтез и модификацию полимеров с целью получения продуктов, имеющих пониженную скорость газификации, образующих карбонизованный продукт и низкий выход горючих продуктов пиролиза.

Применение реакционноспособных антипиренов в принципе можно рассматривать как химическое модифицирование полимеров, так как изменяются химическое строение и свойства макромолекул. Однако химическое модифицирование полимеров - более широкое понятие, под которым понимают модификацию полимеров с целью повышения их термической и термоокислительной стабильности. В этом аспекте проблема снижения горючести полимеров и материалов на их основе тесно связана с проблемой создания термостойких полимеров. Установлено, что при использовании и более термостабильных полимеров для получения огнезащищенных полиуретановых материалов требуется вводить антипирены в меньшей концентрации. Повышение термостабильности и соответственно снижение

горючести полимеров достигается использованием в синтезе полимеров исходных компонентов, способствующих образованию ароматической сшитой молекулярной структуры. Так, горючесть пенополиуретанов (ППУ) снижается при введении в структуру макромолекул изоциануратных звеньев. Распад изоциануратных циклов протекает при более высоких температурах, чем деструкция уретановых связей. При термообработке ППУ с изоциануратными звеньями образуются стабильные фрагменты с системой сопряженных двойных связей. Поэтому ячеистая структура пенопластов с изоциануратными группами не разрушается при нагреве до 600°C.

Огнезащитные покрытия, наносимые на полимерные материалы, имеют в настоящее время ограниченное применение. Чаще всего такие покрытия используют для снижения пожароопасности строительных материалов из древесины, древесностружечных и древесноволокнистых плит, пенопластов и стеклопластиков.

Принципиально новым направлением создания полимерных материалов пониженной горючести является синтез полимеров с минимальным содержанием органической части, а также термостойких полимеров, выделяющих при разложении.

Вопросы для проверки:

1. Основные виды пластмасс, применяемых в строительстве, особенности их строения и свойств.
2. Особенности пожарной опасности строительных пластмасс.
3. Основные виды теплоизоляционных и акустических материалов, применяемых в строительстве.
4. Пожарная опасность органических теплоизоляционных и гидроизоляционных материалов.
5. Способы огнезащиты строительных материалов.
6. Огнезащита древесины и изделий на ее основе.
7. Способы снижения пожарной опасности полимерных строительных материалов (ПСМ).



Схема 29. Состав пластмасс

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПЛАСТМАСС

- высокая удельная прочность;
- высокая технологичность;
- химическая стойкость;
- хорошие гидро-звуко и теплоизоляционные свойства;
- легкость обработки;
- хорошие декоративные качества;
- стойкость к низким температурам.

Схема 30. Положительные свойства пластмасс

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПЛАСТМАСС

- малый модуль упругости;
- большое температурное расширение;
- повышенная ползучесть;
- высокая склонность к старению;
- малая теплопроводность;
- высокая пожарная опасность.

Схема 31. Отрицательные свойства пластмасс

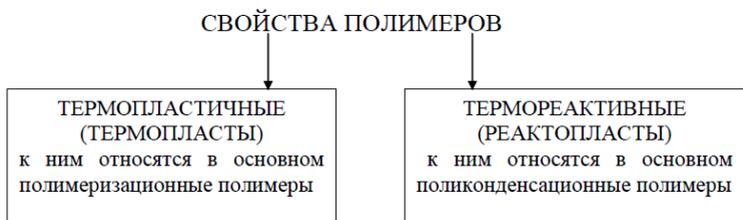


Схема 32. Свойства полимеров



Схема 33. Применение пластмасс в строительстве

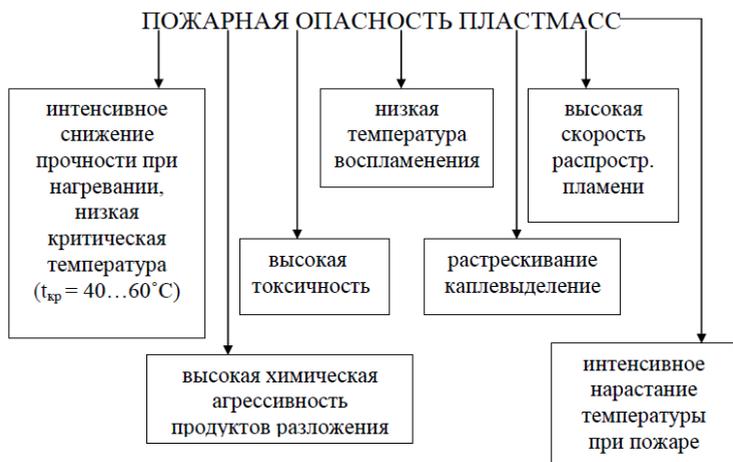


Схема 34. Пожарная опасность пластмасс

Лекция 6. Нормирование пожаробезопасного применения материалов в строительстве (2 часа)

Рассматриваемые вопросы:

1. История и современное состояние противопожарного нормирования
2. Перспективы противопожарного нормирования
3. Предлагаемый подход к нормированию пожароопасного применения материалов в строительстве на примере отделочных материалов.

Главный принцип противопожарного нормирования призывает обеспечить безопасность людей в случае возникновения пожара и свести к минимуму материальный ущерб. Однако на практике широко применяют материалы, которые в случае пожара могут представлять угрозу здоровью и жизни людей, способствуют развитию пожара и увеличению материального ущерба. В строительстве наряду с безопасными в пожарном отношении материалами - бетоном, железобетоном, металлами, природными и искусственными каменными материалами широкое распространение получили материалы на полимерной основе, пожарная опасность которых или заведомо высока или слабо изучена. Расширяющееся использование пластмасс оправдывается экономическими соображениями. Кроме того, пластмассы декоративны, технологичны и обладают рядом других ценных свойств. Эти причины побуждают проектные и строительные организации игнорировать высокую или недостаточно изученную пожарную опасность этих материалов.

Результатом такого игнорирования является неблагоприятная статистика пожаров. Следует особо отметить, что массовое использование пенополистирольного, пенополиуретанового и других полимерных утеплителей в ограждающих конструкциях зданий имеет негативные последствия в масштабах всей страны [1]. Производство и применение пластмасс, например в США, также ежегодно

увеличивается, а статистика пожаров, хоть и медленно, но имеет тенденцию к снижению. Объясняется это тем, что увеличение применения пластмасс компенсируется комплексом противопожарных мер, среди которых наиболее важное место занимает система противопожарного нормирования. В нашей стране много лет (до 1991 года) все противопожарное нормирование пожаробезопасного применения материалов в строительстве сводилось к нормированию лишь одного качественного показателя пожарной опасности материала - группы горючести и к некоторому ограничению области применения, так называемых «сгораемых» (горючих) материалов. Такая система противопожарного нормирования была архаична и имела ряд принципиальных недостатков. Первым недостатком являлось несоблюдение главного принципа пожарной безопасности. Пожарная статистика показывала [1], что до 70-84% людей погибали при пожарах от совместного действия дыма и токсичных продуктов, т.е. факторов, ранее не учитываемых при нормировании. Точка зрения, что ограничение применения горючих материалов автоматически уменьшает вероятность воздействия опасных факторов пожара (ОФП) на человека справедлива лишь частично. Многочисленными экспериментами и практикой установлено, что трудно- горючие (по старой классификации) и даже негорючие материалы в условиях пожара способны разлагаться, выделять дым и токсичные продукты. По мере развития пожара эти материалы прогреваются и обретают способность воспламениться, распространять пламя по поверхности и выделять дополнительное тепло, т.е. приобретают свойства, противоречащие понятием «трудногорючий» и «негорючий» материал. Недостатком традиционной системы нормирования являлась также ее экономическая или технологическая необоснованность, а порой и просто нецелесообразность, т.к. без достаточного обоснования по формальному и неубедительному признаку ограничивается применение материалов, экономически и технологически целесообразных и прогрессивных, что в свою очередь не

стимулирует создание новых материалов, обладающих пониженной пожарной опасностью. Третий недостаток - невозможность воспользоваться группой горючести для математического моделирования процесса возникновения и развития пожара. Это свидетельствует о том, что понятие «группа горючести» (в традиционном толковании) не имеет физического смысла и представляет весьма сомнительную практическую ценность. Недостатки системы противопожарного нормирования в нашей стране не стимулировали также развитие методологии огневых испытаний.

Несмотря на то, что был накоплен обширный «банк данных» по группам горючести материалов, эти данные практически нигде не были опубликованы и не использовались. В 1991 году были введены дополнения и изменения в СНиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы» [1]. В частности, помимо группы горючести введены еще 2 показателя пожарной опасности строительных материалов - коэффициент дымообразования и индекс токсичности продуктов горения.

Однако в течение многих лет после этого числовые значения этих показателей действующими отраслевыми главами СНиП (на конкретные виды зданий) не регламентировались, т.е. дополнительное введение их в СНиП 2.01.02-85[11] носило практически формальный характер. В 1997 году формально вступили в действие СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений» [10]. В них помимо классификации материалов по указанным показателям пожарной опасности появились еще 2 показателя - группа воспламеняемости и группа распространения пламени по поверхности материала. Однако с введением в действие этой главы было указано, что до пересмотра противопожарных требований отраслевых глав СНиП (введенных в действие в 80-е годы, в которых кроме группы горючести никакие показатели не нормировались), те положения, которые основаны на требованиях СНиП 2.01.02-85[11], продолжают действовать. Еще в 60-е годы за рубежом

появились первые публикации, в которых сообщалось о попытках создать основы нового подхода к оценке пожарной опасности материалов и, прежде всего, материалов на полимерной основе. Толчком для этого послужило как значительное увеличение производства новых материалов, так и развитие новых отраслей, где никак нельзя было полагаться на шаткие качественные критерии (авиация, космонавтика, атомная энергетика). В начале 70-х годов работы в этом направлении были опубликованы в нашей стране [1]. Общая концепция публикаций сводилась к следующему. В основу методологии оценки пожарной опасности материалов необходимо заложить прогнозирование реальной пожарной ситуации на конкретном объекте, где будут применяться материалы. При этом необходимо определять такие показатели пожарной опасности материалов, которые можно сравнивать с возможным энергетическим воздействием на материал: энергия зажигания, температура самовоспламенения, воспламенения и зажигания материалов, т.к. эти параметры можно было сопоставить с температурой среды, температурой нагретой поверхности, энергией искрового разряда, т.е. потенциальными источниками возникновения их горения и затем пожара. По мере разработки такой концепции становилось ясно, что она себя оправдывает. Однако при широкомасштабном использовании материалов, в особенности полимеров, практически не удается обеспечить условия безопасности. В этой связи в дальнейшем получили развитие работы [1], где предлагалось дополнить вышеприведенный перечень параметров, параметрами, характеризующими динамику развития пожара и возникновения опасных факторов для человека. В настоящее время эта концепция успешно развивается специалистами в различных странах мира, что повлекло за собой значительное изменение и в методологии огневых испытаний. Так, предпочтение отдается методам, позволяющим получить числовые значения конкретных показателей пожарной опасности материалов в условиях, имитирующих с достаточной степенью приближения условия реальных пожаров. В частности, в США в результате

реализации двух больших программ «Текстиль» и «Пластик» накоплен банк данных, включающий в себя информацию по показателям пожарной опасности нескольких тысяч веществ и материалов, находящихся в применении. В число показателей входят: низшая теплота сгорания, кислородный индекс, температурные показатели, массовая скорость выгорания, показатели дымообразования и токсичности продуктов горения. Имеющиеся данные компьютеризированы и могут быть получены через «Интернет» любым подразделением пожарной охраны или другим ведомством в считанные минуты.

Перспективы противопожарного нормирования.

Наблюдающийся за последние годы рост числа пожаров, гибели людей и увеличение материального ущерба связаны не только с повышением энергонасыщенности и ростом количества пожарной нагрузки зданий, но и с несоответствием противопожарного нормирования современному уровню научно-технического прогресса в строительстве. Поэтому в нашей стране и за рубежом все большее внимание уделяется разработке научно обоснованных норм пожарной безопасности. В частности, намечился постепенный отход от однозначных решений и рекомендаций и переход к нормированию исходных данных, пользуясь которыми можно было бы более гибко решать задачи пожарной безопасности в соответствии с особенностями проектируемого объекта. При этом основной целью противопожарного нормирования и, следовательно, основополагающим принципом является обеспечение безопасности людей при пожаре [1]. Кроме того, противопожарное нормирование предполагает достижение следующих целей: добиться при соблюдении требуемого уровня пожарной безопасности максимальной экономии в строительстве; обеспечить процесс проектирования, при котором проектировщику предоставляется возможность широкого выбора альтернативных решений, получить возможность проводить количественный анализ пожарной безопасности объектов. В нашей стране и за рубежом ведутся

работы по созданию комплексного метода оценки уровня пожарной безопасности здания, где, как правило, учитывается вероятность возникновения пожара, время эвакуации, плотность дыма, токсичность продуктов горения, физические возможности людей, знание людьми обстановки, количество и показатели пожарной опасности материалов пожарной нагрузки. Количественные характеристики этих факторов представляют собой условные коэффициенты, полученные методом экспертных оценок или установленные при анализе статистических данных. В частности, национальное бюро стандартов США определило, что из существующих методик наиболее предпочтительной для оценки пожарной безопасности зданий является методика, которая наиболее полно и достоверно учитывает факторы, влияющие на интенсивность развития пожара и продолжительность эвакуации людей из зданий. Здесь необходимо учитывать не только конструктивные и объемно-планировочные решения, но и инженерно-технические, организационные мероприятия противопожарной защиты. Похожий подход был заложен и в отечественном стандарте [1], разработанном ВНИИПО МВД РФ. Основной принцип противопожарного нормирования может быть применен и к строительным материалам. Однако, формулировка принципа - важнейший, но недостаточный этап в противопожарном нормировании, так как принцип носит самый общий характер. Для его конкретной реализации необходим переход к более частным и более конкретным критериям пожаробезопасного применения материалов в строительстве. Нормирование применения материалов с учетом их воспламеняемости и скорости распространения пламени решается в различных странах применительно к конкретным типам помещений с учетом видов материалов, функционального назначения помещений, наличия противопожарных инженерных систем, способов крепления материалов к конструкциям, назначения конструкций и т.д. Основным недостатком этого подхода, особенно для зданий с разнообразной пожарной нагрузкой, - это то, что требуется достаточно точное

прогнозирование поведения материала при пожаре, т.е. умение предвидеть ту пожарную опасность материала, которую он вероятнее всего будет проявлять при пожаре. В связи с возможностью образования при пожаре неограниченного числа факторов (условий) и их сочетаний, влияющих на пожарную опасность материала, возникает также необходимость установления приоритетности тех или иных факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на степень их пожарной опасности, и в то же время, обладающих достаточной степенью вероятности появления. С этой целью внимание в нашей стране и за рубежом уделяется исследованиям динамики развития пожара и его прогнозированию с использованием методов системного анализа и теории вероятности. Необходимость этого подхода обусловлена значительным разбросом множества случайных факторов, которые оказывают существенное влияние на процесс развития пожара, образование ОФП и эвакуацию людей из зданий.

Предлагаемый подход к нормированию пожароопасного применения материалов в строительстве на примере отделочных материалов. Перспективным является системный подход в выборе строительного материала с учетом эксплуатационных характеристик, в том числе его пожарной опасности. Выбор материала осуществляют поэтапно. Сначала учитывают функциональное назначение здания, затем определяют необходимый уровень требований качественно и на последнем этапе количественно. Впоследствии этот уровень преобразуют в конкретные требования к материалам, которые могут иметь научное обоснование или выражаться с помощью экспертных оценок. Особенность подхода заключается в том, что значения других параметров при выборе материала не должны быть ниже установленных предельных значений для зданий данного функционального назначения. Действующая методология противопожарного нормирования, имеет в качестве обобщенного критерия «вероятность воздействия опасных факторов на человека», значение которого, равное 10^{-6} , установлено в ГОСТ [8]. В соответствии со стандартом система

противопожарной защиты должна обладать таким уровнем, при котором в здании обеспечивается требуемая безопасность людей при пожаре, т.е. выполняется условие

$$P_{\phi} \leq P_n,$$

где P_n , P_{ϕ} - соответственно нормативная и фактическая (расчетная) вероятности воздействия ОФП в год на одного человека.

Математическая модель расчета вероятности воздействия опасных факторов пожара на человека основана на методе построения и анализа «дерева опасностей» в системе «объект-человек-пожар». Расчет вероятности проводится исходя из вероятности одновременного появления всех случайных факторов, характеризующих условия возникновения и развития пожара, состояния системы противопожарной защиты и ситуации, при которой человек не смог своевременно эвакуироваться или спастись при пожаре. Необходимо также учитывать, что вероятность основных событий может быть вычислена по статистическим данным. Исключение составляют лишь события, связанные с определением своевременности эвакуации и спасения людей.

Обеспечение пожарной безопасности здания основано на рассмотрении системы «здание-пожар-человек», критерием эффективности которой является уровень безопасности людей в здании при пожаре. Поэтому структурно-логическая модель пожаробезопасного применения отделок должна основываться на всестороннем анализе опасных для людей ситуаций, которые могут возникнуть из-за применения отделок в здании. В дальнейшем это позволит, исходя из условий и критериев пожаробезопасного применения, устанавливать требуемую пожаробезопасность (или предельно допустимую пожарную опасность) отделок для рассматриваемой области применения (рис. 21).

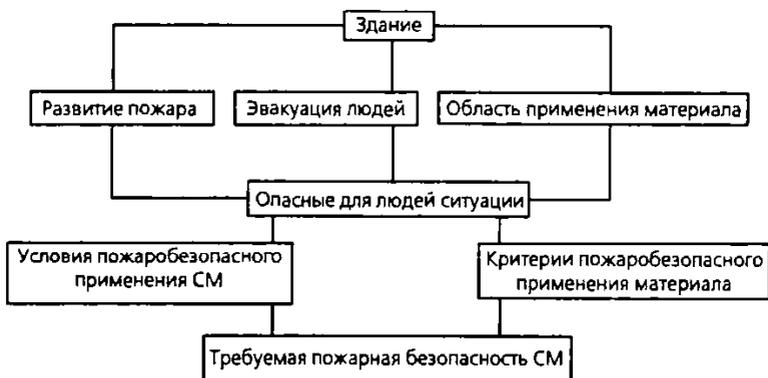


Рис. 21. Структурная схема определения требуемой пожарной безопасности строительных материалов (СМ)

Рассматривая звено «человек», можно отметить, что в настоящее время безопасность людей в здании при пожаре во многом определяется тем, насколько своевременно с момента начала пожара завершается эвакуация людей из зон, где в период развития пожара могут возникнуть опасные для жизни людей ситуации. В этом направлении разрабатываются соответствующие мероприятия противопожарной защиты, направленные на минимизацию продолжительности эвакуации. Обеспечение успешной эвакуации является необходимым, но не всегда достаточным условием обеспечения полной безопасности людей при пожаре. Это обусловлено тем, что во многих случаях из-за различных субъективных и объективных причин часть людей не успевает своевременно эвакуироваться из здания и их спасение затем производят пожарные подразделения. Возникновение таких ситуаций может быть связано с отказом или несоответствием требованиям безопасности систем обнаружения, оповещения и управления эвакуацией людей, а также из-за ограниченной способности людей к самостоятельной эвакуации или недооценке ими степени опасности развития пожара. Поэтому с точки зрения полного обеспечения безопасности людей в здании при пожаре,

противопожарное нормирование применения материалов в строительстве должно быть направлено не только на обеспечение безопасности эвакуации, но и на предотвращение гибели людей, которые не эвакуировались из здания. Изложенное указывает на то, что критериями пожаробезопасного применения материалов в здании могут являться следующие: применение строительных материалов не должно приводить к блокированию эвакуации людей из здания при пожаре; применение строительных материалов не должно приводить к распространению огня по зданию, что может стать причиной гибели людей, своевременно не эвакуировавшихся при пожаре.

При пожаре в здании, независимо от места его возникновения, эвакуация людей по отношению к месту применения материала может проходить по следующим трем вариантам: 1) эвакуация проходит через помещения, где применен материал; 2) эвакуация проходит через помещения, конструктивно связанные с первыми; 3) эвакуация людей проходит по наружным пожарным лестницам или их спасание осуществляется пожарными подразделениями. Для каждого из этих вариантов эвакуации имеются свои условия образования опасных для людей ситуаций. В первом случае к блокированию эвакуации приводит возгорание материала. Во втором - образование в объеме эвакуационного пути опасных для людей уровней токсичности окружающей среды, повышенной температуры или потери видимости на пути движения. В третьем - быстрое распространение огня по зданию. В связи с этим предельно допустимая пожарная опасность отделочного материала (ПСМ) должна устанавливаться с учетом всех возможных для людей ситуаций (табл. 6).

Таблица 6. Опасные ситуации для людей при пожаре

Место применения ПСМ в здании	Факторы образования опасных ситуаций				
	Блокирование эвакуации людей из				Распространение пламени
	помещения очага пожара	других помещений этажа пожара	помещений других этажей	помещений смежных секций здания	
Помещение	воспламенение	образование ОФП в объеме коридора	образование ОФП в объеме коридора	образование ОФП в системе вестибюля	в смежное помещение
Коридор	Воспламенение СМ				по этажу
Лестничная клетка	Воспламенение СМ				по этажам секции
Вестибюль	Воспламенение СМ				по зданию

В частности, применение отделки в коридоре жилого этажа гостиницы может стать причиной образования следующих трех опасных для людей ситуаций:

1. Блокирование эвакуации людей с этажа пожара из-за воспламенения отделки.

2. Блокирование эвакуации людей с других этажей здания из-за выгорания отделки и образование в объеме эвакуационного пути опасных факторов пожара: потери видимости, повышенной токсичности и температуры окружающей среды

3. Угроза воздействия огня и других ОФП на людей, которые своевременно не эвакуировались и остались в здании.

Причиной возникновения этой ситуации может стать способность отделки распространять пламя по поверхности.

Вопросы для проверки:

1. Современное состояние противопожарного нормирования
2. Перспективы противопожарного нормирования
3. Подход к нормированию пожароопасного применения материалов в строительстве на примере отделочных материалов.

НОРМИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
по СНиП 21-02-85*
(основано на горючести материалов)

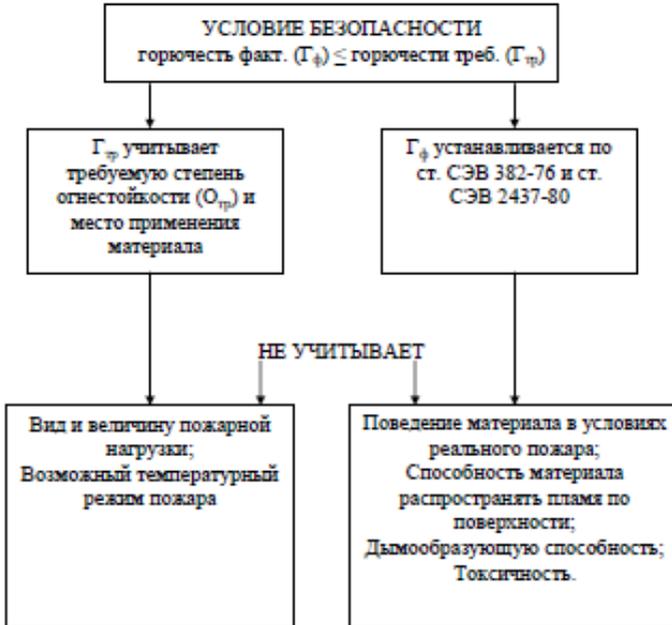


Схема 34. Нормирование строительных материалов по СНиП 21-02-85*

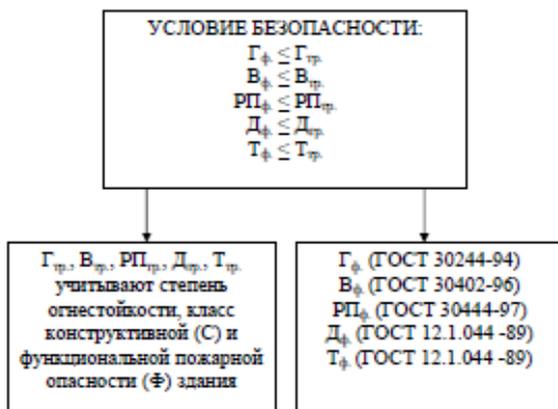
ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ ПОЛИМЕРНЫХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ПСМ)



**Схема 35. Подходы к нормированию ПСМ
НОРМИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
по СНиП 21-01-97***

Учитывает:

Горючесть; воспламеняемость; распространение пламени по поверхности; дымообразующую способность; токсичность.



Г – горючесть; В – воспламеняемость; РП – распространение пламени; Д – дымообразующая способность; Т – токсичность.

Схема 36. Нормирование строительных материалов по СНиП 21-01-97*

**ГЛАВНЫЙ ПРИНЦИП ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ
(ГОСТ 12.1.044-85).
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ НА ПОЖАРЕ**

КРИТЕРИЙ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОТДЕЛОК В ЗДАНИИ

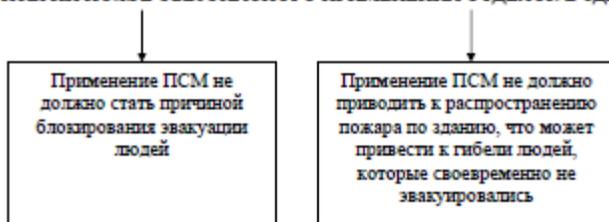


Схема 37. Обеспечение безопасности людей на пожаре

ВАРИАНТЫ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПО ОТНОШЕНИЮ К МЕСТУ ПРИМЕНЕНИЯ ПСМ

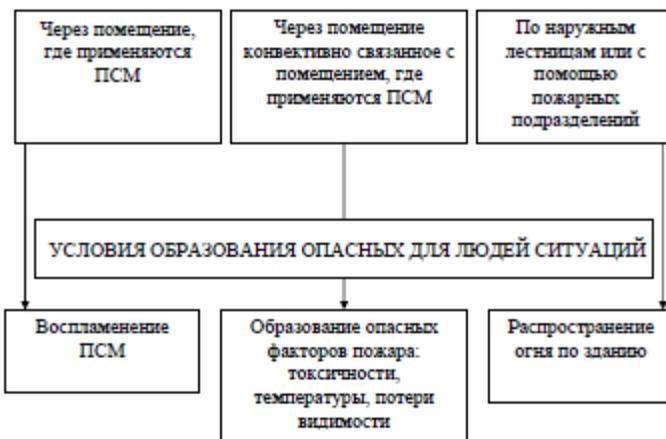


Схема 38. Варианты эвакуации людей по отношению к месту применения ПСМ

ЭТАПЫ НОРМИРОВАНИЯ ПСМ

1. Определяется максимальный температурный режим (устанавливают расчетным путем или при проведении экспериментальных исследований).
2. Рассматривается процесс эвакуации (в наиболее неблагоприятных ситуациях).
3. Устанавливаются требования пожарной безопасности к ПСМ (воспламеняемость, дымообразующая способность, токсичность, распределение по поверхности).

Схема 39. Этапы нормирования ПСМ

**Необходимые требования к ПСМ с учетом места их применения
и возможных опасных ситуаций в здании**

Место применения ПСМ в здании	Факторы образования опасных ситуаций				Распространение пожара по зданию
	Блокирование эвакуации людей				
	Из помеще- ний очага пожара	Из других помеще- ний этажа пожара	Из помещений других этажей	Из помеще- ний смежных секций здания	
Помещение	Воспла- менение ПСМ	Образова- ние ОФП в объеме коридора	Образова- ние ОФП в объеме лестничной клетки	Образова- ние ОФП в объеме вестибюля	Распрост- ранение пламени в смежное помещение
Коридор	Воспламенение ПСМ				Распрост- ранение пламени по этажу
Лестничная клетка	Воспламенение ПСМ			Распрост- ранение пламени по этажам секции	
Вестибюль	Воспламенение ПСМ				Распрост- ранение пламени по зданию

Схема 40. Необходимые требования к ПСМ и возможные опасные ситуации в здании

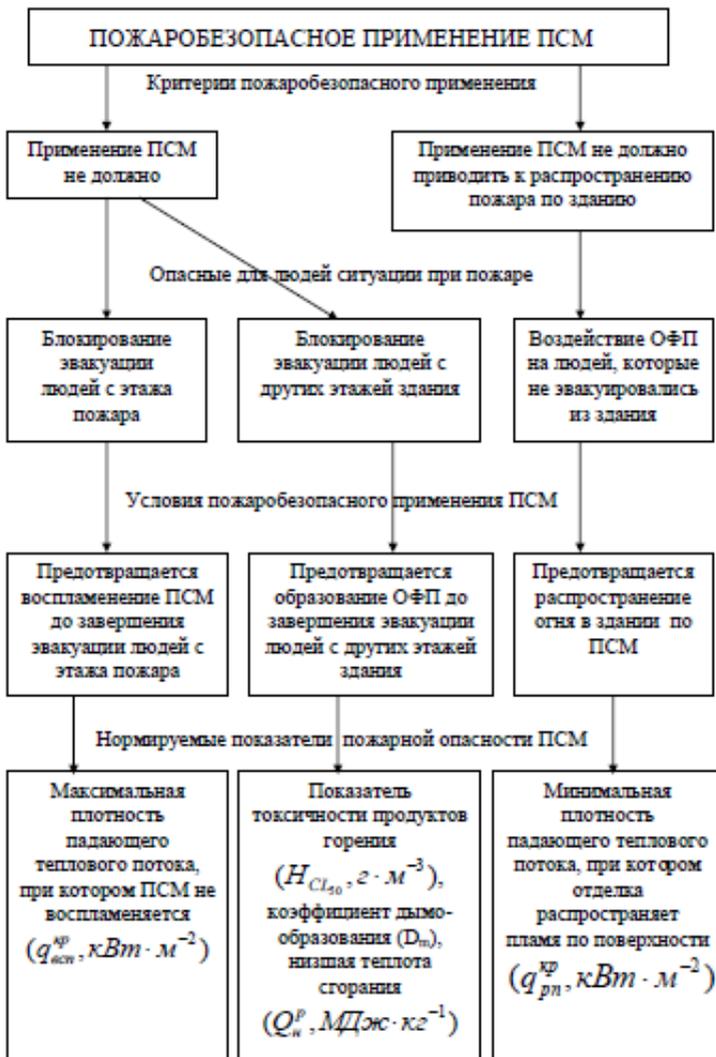


Схема 41. Пожаробезопасное применение ПСМ

МЕТОДИКА НОРМИРОВАНИЯ ПО СНиП 21-01-97*

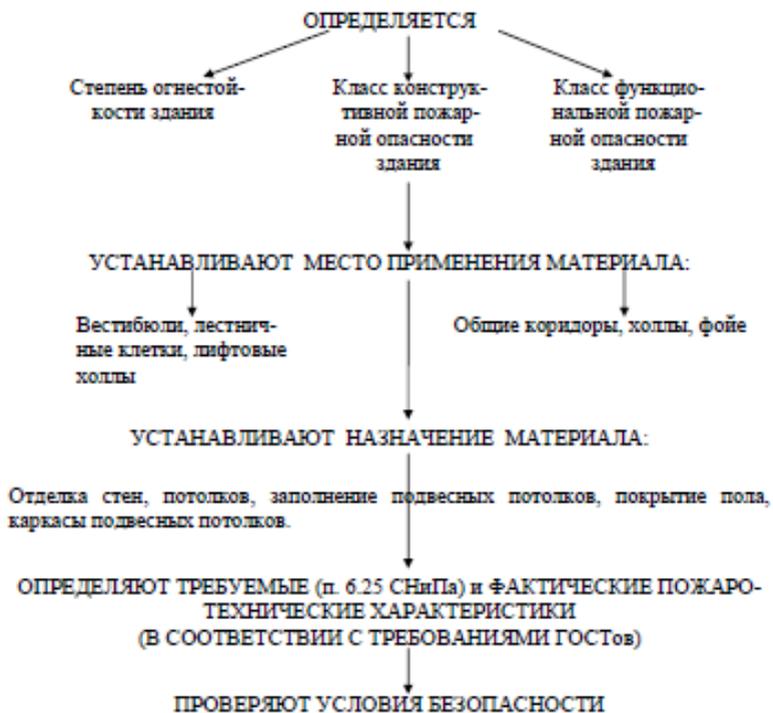


Схема 42. Методика нормирования по СНиП 21-01-97*

Используемая литература:

1. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: Учебник / В.Н. Демехин, И.Л. Мосалков, Г.Ф. Плюснина, Б.Б. Серков, А.Ю. Фролов, Е.Т. Шурин, - М.: Академия ГПС МЧС России, 2003,- 656 с, ил.
2. Шелегов В.Г. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: Учебное пособие. / В.Г. Шелегов, Н.А. Кузнецов, Ю.Л. Чернов. – Иркутск: ВСИ МВД России, 2005. – 206 с. (Пособие допущено в качестве учебного пособия в учебных заведениях пожарно-технического профиля МСЧ России для курсантов и слушателей, обучающихся по специальности «Пожарная безопасность»).
3. Зенков Н.И. Строительные материалы и их поведение в условиях пожара. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1974. – 176 с., ил. Пожарная опасность строительных материалов. / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Р.А. Андрианов и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 380 с., ил.
4. Горчаков Г.И. Строительные материалы. / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов – М.: Высшая школа, 1986. – 688 с. (можно пользоваться аналогичными учебниками других авторов. Например, Шейкин А.Е., Рыбьев И.А., Горчаков Г.И., Комар А.Г., Хигерович М.И.).
5. ГОСТ 30244 – 94. Методы испытания на горючесть;
6. ГОСТ 30402 – 96. Метод испытания на воспламеняемость;
7. ГОСТ 30444 – 97. (ГОСТ Р 51032 – 97). Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени.
8. ГОСТ 12.1.044 – 89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения;
9. ГОСТ 16363 – 76. Средства защитные для древесины. Определение огнезащитных свойств покрытий и пропиточных составов методом керамической трубы.
10. СНИП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений. - М.: Госстрой России, 1999. - 16 с.
11. СНИП 2.01.02. –85*. Противопожарные нормы. – М.: Стройиздат, 1986. – 13 с.

12. СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия/ Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 36 с.
13. СНиП II-23-81* Стальные конструкции / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1995. – 96 с.
14. СНиП II-25-80 Деревянные конструкции / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1995. – 66 с.
15. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1995. – 80 с.
16. НПБ 251 – 98. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний.
17. НПБ 244 – 97. Материалы строительные. Декоративно-отделочные и облицовочные. Материалы для покрытия полов. Кровельные, гидроизоляционные и теплоизоляционные материалы. Показатели пожарной опасности.

Приложение 1.

Законодательная и нормативная база ПМР в области пожарной безопасности (состояние на 17 октября 2017 г.)

1. Закон ПМР «О пожарной безопасности» 9 октября 2003 г. N 339-3-III (САЗ 03-41)
2. НПБ - 01-06 Правила пожарной безопасности в Приднестровской Молдавской Республике. Приказ Министерства внутренних дел ПМР № 64 от 5 февраля 2007;
3. Приказ МВД ПМР «Об утверждении и введении в действие норм пожарной безопасности: технические средства оповещения о пожаре и управления эвакуацией. Общие технические требования (НПБ 06-04)» от 18 июля 2005 г. № 243;
4. Пособие по применению НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» при рассмотрении проектно-сметной документации / ВНИИПО. – Москва, 2001 г.;
5. Постановление Правительства ПМР — О введении в действие правил пожарной безопасности в Приднестровской Молдавской Республике от 11 августа 1995 г. N 300.
6. Приказ МВД ПМР N 219 от 24 июня 2005 года «Об утверждении и введении в действие норм пожарной безопасности при проектировании систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях; систем и комплексов пожарной сигнализации; перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией»
7. Приказ МВД ПМР N 217 24 июня 2005 года «Об утверждении и введении в действие норм пожарной безопасности и определения категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности»
8. Приказ МВД ПМР N 246 от 18 июля 2005 года « Об утверждении и введение в действие норм пожарной безопасности: категории наружных установок по пожарной опасности»

9. Приказ МВД ПМР N 292 от 13 сентября 2005 года «Об утверждении и введении в действие норм на декоративно-отделочные и облицовочные материалы, покрытия полов, кровельные, гидроизоляционные и теплоизоляционные материалы. Показатели пожарной опасности»
10. Приказ МВД ПМР N 244 от 18 июля 2005 г. « Об утверждении и введении в действие порядка разработки задания на проектирование автоматических систем пожаротушения и пожарной сигнализации»
11. Приказ МВД ПМР N 245 от 18 июля 2005 года «Об утверждении и введении в действие норм пожарной безопасности: противодымная защита зданий и сооружений».
12. СНиП ПМР 12-04-02 "Техника безопасности в строительстве";
13. СНиП ПМР 21-01-02 "Противопожарные нормы";
14. СНиП ПМР 21-02-02 "Пожарная автоматика зданий сооружений";
15. СНиП ПМР 31-06-02 "Общественные здания и сооружения";
16. СНиП ПМР 31-07-02 "Сооружения промышленных предприятий";
17. СНиП ПМР 31-08-02 "Административные и бытовые здания";
18. СНиП ПМР 31-09-02 "Производственные здания";
19. СНиП ПМР 40-01-02 "Внутренний водопровод и канализация зданий";
20. СНиП ПМР 40-02-02 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения";
21. СНиП ПМР 40-03-02 "Канализация. Наружные сети и сооружения"
22. СНиП ПМР 41-01-11 "Отопление, вентиляция и кондиционирование"
23. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение

Приложение 2.

Тесты промежуточного контроля

Тема: Каменные материалы и поведение их в условиях пожара

Вопрос: Какие материалы называются «Природными каменными материалами»?

- природные материалы, полученные из камня;
- материалы, полученные из горных пород;
- искусственные каменные материалы, полученные из природных материалов;
- материалы, находящиеся в природе в естественном виде.

Вопрос: Отметьте, какие материалы являются искусственными каменными материалами?

- стекло;
- мрамор;
- бетон;
- мел;
- керамика;
- асбестоцемент.

Вопрос: Отметьте, где в строительстве используются природные каменные материалы?

- в качестве заполнителей для бетонов и растворов;
- для устройства фундаментов зданий;
- облицовки различных конструкций;
- в качестве вяжущего вещества;
- в производстве искусственных каменных материалов;

Вопрос: Как классифицируются искусственные каменные материалы?

- на безобжиговые и обжиговые;
- на силикатные, керамические, бетонные, асбестоцементные;
- не классифицируются;
- изделия, растворы, расплавы;
- бетоны, растворы, керамика, стекло.
- здесь нет правильного (полного) ответа.

Тема: Металлы, их поведение в условиях пожара.

Вопрос: Как классифицируются металлы?

- на черные и белые.
- на черно-белые и цветные.
- на цветные и черные.
- не классифицируются.
- на стали и алюминий.
- на чугун и стали.

Вопрос: В чем отличие чугуна от стали?

- они не чем не отличаются, так как относятся оба к черным металлам.
- в содержании углерода.
- в содержании легирующих добавок.
- в количестве железа в составе.
- в содержании нормальных примесей.
- в названии.

Вопрос: Содержат ли легированные стали углерод?

- да.
- нет.
- стали не могут быть легированными.

Вопрос: Углеродистые стали подразделяются на:

- низкоуглеродистые, среднеуглеродистые и высокоуглеродистые.
- слабоуглеродистые, среднеуглеродистые и сильноуглеродистые.
- слабоуглеродистые и сильноуглеродистые.
- низкоуглеродистые и высокоуглеродистые.
- не подразделяются
- низколегированные, среднелегированные и высоколегированные.

Вопрос: Легированные стали подразделяются на:

- низкоуглеродистые, среднеуглеродистые и высокоуглеродистые.
- слаболегированные, среднелегированные и сильнолегированные.
- слаболегированные и сильнолегированные.

- низкоуглеродистые и высокоуглеродистые.
- не подразделяются
- низколегированные, среднелегированные и высоколегированные.

Вопрос: Укажите недостатки легированных сталей перед углеродистыми.

- высокая стоимость.
- более низкая прочность.
- хуже свариваются.
- хуже стойкость к коррозии.

Вопрос: Укажите недостатки углеродистых сталей перед легированными.

- высокая стоимость.
- более низкая прочность.
- хуже свариваются.
- хуже стойкость к коррозии.

Вопрос: Содержится ли алюминий в чистом виде в природе?

- да.
- нет.
- содержится, но незначительно. В основном добывается из других пород.

Вопрос: Выберите достоинства сплавов алюминия.

- низкая огнестойкость конструкций из алюминиевых сплавов.
- невысокий модуль упругости.
- стойкость против коррозии.
- сложность выполнения соединений.
- высока удельная прочность.
- нет искрообразование при ударах.

Вопрос: Где применяют алюминиевые сплавы в строительстве.

- для изготовления арматуры для железобетона.
- для устройства кровли здания.
- для изготовления ферм и арок для перекрытия больших пролетов.
- для изготовления инструментов.
- для облицовки внутренних и наружных стен.
- для изготовления оконных и дверных переплетов.

Вопрос: Что уменьшается у металлов при повышении температуры.

- прочность.
- упругость.
- относительное удлинение.
- относительное сужение.

Вопрос: Что увеличивается у металлов при повышении температуры.

- прочность.
- упругость.
- относительное удлинение.
- относительное сужение.

Вопрос: Что обеспечивает защиту металлических конструкций при нагревании.

- покрытия из тяжелых материалов.
- вспучивающие покрытия.
- заполнение конструкций водой.
- покрытия из декоративных деревянных материалов.
- покрытия из полимерных материалов
- покрытия из легких бетонов

Вопрос: Негативными физическими процессами для металлов при нагревании являются:

- теплоперенос.
- влагоперенос.
- накопление дефектов.
- тепловое деформирование.
- коррозия

Вопрос: Что является отрицательными последствиями пожара на метал?

- ухудшение механических свойств
- деполимеризация
- разрушение материала
- необратимые деформации
- термоокислительная деструкция

Вопрос: Выберите внутренние определяющие факторы, влияющие на поведение металла в условиях пожара.

- химический состав
- физико-механические свойства

- область применения
- нагрузки и воздействия
- структура
- технология изготовления

Вопрос: Выберите внешние определяющие эксплуатационные факторы, влияющие на поведение металла в условиях пожара.

- температура
- область применения
- время
- нагрузка
- огнетушащее вещество
- агрессивность среды

Тема: Древесина и ее пожарная опасность.

Вопрос: Негативными физическими процессами для древесины при нагревании являются:

- теплоперенос.
- влагоперенос.
- терморазложение
- тепловое деформирование.
- коррозия
- уменьшение объема

Вопрос: Негативными химическими процессами для древесины при нагревании являются:

- дегидратация
- дымовыделение
- терморазложение
- тепловое деформирование
- уменьшение массы
- уменьшение объема

Вопрос: Выберите внешние определяющие факторы пожара, влияющие на поведение древесины в условиях пожара.

- температура
- тушение
- время пожара
- нагрузка

- химический состав
- агрессивность продуктов горения

Вопрос: Выберите внешние эксплуатационные факторы пожара, влияющие на поведение древесины в условиях пожара.

- температура
- область применения
- порода древесины
- нагрузка
- агрессивность огнетушащих средств
- агрессивность и сроки среды эксплуатации

Вопрос: Выберите внутренние определяющие факторы, влияющие на поведение древесины в условиях пожара.

- порода древесины
- свойства
- технология обработки
- дегидратация
- химический состав
- строение

Вопрос: В какую группу горючести переводится древесина при насыщении ее антипиренами 66 кг на 1 куб.м., при глубокой пропитке антипиренами?

- негорючая
- трудногорючая
- горючая
- трудновоспламеняемая
- слабовоспламеняемая
- легкогорючая

Вопрос: В какую группу горючести переводится древесина при насыщении ее антипиренами 50 кг на 1 куб.м., при пропитке методом горяче-холодных ванн?

- негорючая
- трудногорючая
- горючая
- трудновоспламеняемая
- слабовоспламеняемая
- легкогорючая

Вопрос: В чем заключается механизм огнезащиты древесины термоизолирующими одеждами?

- в предотвращении нагрева древесины до температуры разложения
- препятствует проникновению в зону реакции кислорода воздуха необходимого для горения
- в том, что отложившиеся соли в массе древесины при нагревании разлагаются с выделением продуктов, разбавляя горючие продукты разложения древесины
- препятствует выходу в зону реакции горючих продуктов термоокислительной деструкции древесины
- удерживает слой переугленной древесины на поверхности, который замедляет скорость дальнейшего переугливания древесины вглубь
- ингибирует (химическое торможение) процесс горения.

Вопрос: В чем заключается механизм огнезащиты древесины красками и обмазками?

- в предотвращении нагрева древесины до температуры разложения
- препятствует проникновению в зону реакции кислорода воздуха необходимого для горения
- в том, что отложившиеся соли в массе древесины при нагревании разлагаются с выделением продуктов, разбавляя горючие продукты разложения древесины
- препятствует выходу в зону реакции горючих продуктов термоокислительной деструкции древесины
- удерживает слой переугленной древесины на поверхности, который замедляет скорость дальнейшего переугливания древесины вглубь
- ингибирует (химическое торможение) процесс горения.

Вопрос: Какова температура разложения древесины (в градусах Цельсия)?

- 50
- 110
- 160
- 200
- 300
- 500

Вопрос: При какой температуре происходит воспламенение продуктов разложения древесины?

- 500
- 110
- 160
- 200
- 250
- 350

Вопрос: При какой температуре происходит самовоспламенение продуктов разложения древесины?

- 500
- 110
- 160
- 200
- 250
- 350

Вопрос: Перечислить горючие продукты разложения древесины?

- вода
- углекислый газ
- окись углерода
- метан
- водород
- пары органических веществ

Вопрос: Перечислить токсичные продукты разложения древесины?

- вода
- углекислый газ
- окись углерода
- водород

Вопрос: К какой группе токсичности по классификации ГОСТ 12.1.044-89 следует отнести древесину.?

- T1 (малоопасные)
- T2 (умеренноопасные)
- T3 (высокоопасные)
- T4 (чрезвычайноопасные)

Вопрос: К какой группе по дымообразующей способности по классификации ГОСТ 12.1.044-89 можно отнести древесину.?

- Д1 (с малой дымообразующей способностью)
- Д2 (с умеренной дымообразующей способностью)
- Д3 (с высокой дымообразующей способностью)

Вопрос: К какой группе по дымообразующей способности по классификации ГОСТ 12.1.044-89 можно отнести тлеющую древесину.?

- Д1 (с малой дымообразующей способностью)
- Д2 (с умеренной дымообразующей способностью)
- Д3 (с высокой дымообразующей способностью)

Вопрос: Как зависит прочность древесины от количества гигроскопической влаги древесины?

- увеличивается
- уменьшается
- остается постоянной

Вопрос: Выберите достоинства древесины, как сырья для строительного материала.

- невысокая стоимость
- гигроскопичность
- малая теплопроводность
- высокая относительная прочность
- горючесть
- анизотропность

Вопрос: Как изменяется массовая скорость выгорания древесины с увеличением объемной массы древесины?

- возрастает
- остается постоянной
- уменьшается

Вопрос: Как изменяется массовая скорость выгорания древесины от уменьшения поперечной площади сечения изделий из древесины?

- возрастает
- остается постоянной
- уменьшается

Вопрос: Какие основные условия необходимы для горения древесины?

- наличие горючего материала
- наличие света
- наличие источника зажигания
- наличие окислителя
- наличие влажности
- наличие сухого пара

Вопрос: В какое состояние по возгораемости (горючести) переведена древесина в результате пропитки антипиренами под давлением, если до пропитки масса 10 куб.м. древесины составляла 2000 кг, а после пропитки и высушивания 2500 кг.

- трудногорючая
- трудновоспламеняемая
- горючая
- негорючая
- легковоспламеняемая
- невоспламеняемая

Вопрос: В какое состояние по возгораемости (горючести) переведена древесина в результате пропитки антипиренами под давлением, если до пропитки масса 7 куб.м. древесины составляла 3000 кг, а после пропитки и высушивания 3490 кг.

- трудногорючая
- трудновоспламеняемая
- горючая
- негорючая
- легковоспламеняемая
- невоспламеняемая

Вопрос: До глубокой пропитки под давлением масса 10 куб.м. древесины составляла 3000 кг, а после пропитки и выгрузки из автоклава 5000 кг. Концентрация солей 30 %. В какую группу огнезащиты данный вид переводит древесину?

- трудногорючая
- трудновоспламеняемая
- горючая
- негорючая
- легковоспламеняемая
- невоспламеняемая

Вопрос: До глубокой пропитки под давлением масса 5 куб.м. древесины составляла 2000 кг, а после пропитки и выгрузки из автоклава 4000 кг. Концентрация солей 20 %. В какую группу огнезащиты данный вид переводит древесину?

- трудногорючая
- трудновоспламеняемая
- горючая
- негорючая
- легковоспламеняемая
- невоспламеняемая

Вопрос: В какое состояние по возгораемости (горючести) переведена древесина в результате пропитки антипиренами в горче-холодных ваннах, если до пропитки масса 4 куб.м. древесины составляла 2161 кг, а после пропитки и высушивания 2345 кг.

- трудногорючая
- трудновоспламеняемая
- горючая
- негорючая
- легковоспламеняемая
- невоспламеняемая

Тема: Пластмассы, их пожарная опасность.

Вопрос: Что такое пластмассы?

- Это высокомолекулярные химические соединения органического происхождения.
- Это композиционные материалы, обладающие на определенной стадии переработки свойством пластичности.
- Это материалы, предназначенные для тепловой изоляции строительных конструкций.
- Это искусственные материалы, используемые для декоративной отделки помещений.
- Это композиционные материалы, состоящие из наполнителя, вяжущего и воды.

Вопрос: Что такое полимеры?

- Это высокомолекулярные химические соединения органического происхождения.
- Это композиционные материалы, обладающие на определенной стадии переработки свойством пластичности.

- Это высокомолекулярные природные материалы.
- Это связующие вещества, используемые в пластамассах.

Вопрос: Выберите положительные свойства пластмасс.

- малый модуль упругости.
- повышенная ползучесть.
- стойкость к низким температурам.
- высокая удельная прочность.
- химическая стойкость.
- легкость обработки.

Вопрос: Выберите отрицательные свойства пластмасс.

- высокая пожарная опасность.
- высокая удельная прочность.
- высокая склонность к старению.
- декоративные качества.
- малый модуль упругости.
- повышенная ползучесть.

Вопрос: Как классифицируются полимеры?

- на естественные и искусственные.
- не классифицируются.
- на искусственные, естественные, синтетические.
- на искусственные и синтетические.
- на искусственные, естественные, синтетические, композиционные.
- на естественные и синтетические.

Вопрос: Негативными физическими процессами для пластмасс при нагревании являются:

- теплоперенос.
- влагоперенос.
- терморазложение.
- плавление.
- размягчение.
- накопление дефектов.

Вопрос: Выберите внешние определяющие факторы пожара, влияющие на поведение пластмасс в условиях пожара.

- температура
- тушение

- время пожара
- нагрузка
- химический состав
- агрессивность продуктов горения

Вопрос: Выберите внешние эксплуатационные факторы пожара, влияющие на поведение пластмасс в условиях пожара.

- температура
- область применения
- время
- нагрузка
- агрессивность огнетушащих средств
- агрессивность и сроки среды эксплуатации

Вопрос: Что является отрицательными последствиями пожара на пластмассы?

- ухудшение свойств
- деполимеризация
- разрушение образца
- необратимые деформации
- термоокислительная деструкция

Вопрос: В каком случае выше скорость распространения пламени у пластмасс?

- в горизонтальном направлении
- под углом 45 градусов
- в вертикальном направлении
- под углом 60 градусов
- одинаково во всех направлениях

Вопрос: Чем обусловлено растрескивание и каплевыведение пластмасс при горении?

- большой теплотой сгорания
- высокой скоростью горения
- низкой температурой плавления
- низкой критической температурой
- низкой температурой воспламенения
- интенсивным нарастанием температуры в помещении

Вопрос: Чем обусловлено интенсивное нарастание температуры при пожаре в помещении отделанном пластмассами?

- большой теплотой сгорания
- высокой скоростью горения
- низкой температурой плавления
- низкой критической температурой
- низкой температурой воспламенения
- интенсивным нарастанием температуры в помещении

Вопрос: Чем обусловлено интенсивное разрушение конструкций на основе пластмасс при горении?

- большой теплотой сгорания
- высокой скоростью горения
- низкой температурой плавления
- низкой критической температурой
- низкой температурой воспламенения
- интенсивным нарастанием температуры в помещении

Вопрос: Чем объясняется повышенная дымообразующая способность пластмасс?

- большой теплотой сгорания
- высокой скоростью горения
- низкой температурой плавления
- низкой критической температурой
- низкой температурой воспламенения
- наличием горючих веществ

Вопрос: С чем связано разрушение строительных материалов и конструкций, выхода из строя приборов, аппаратов и механизмов спустя некоторое время после пожара, при котором происходило интенсивное горение пластмасс?

- высокой токсичностью
- высокой химической агрессивностью продуктов разложения пластмасс
- высокой дымообразующей способностью
- низкой температурой воспламенения
- высокой скоростью распространения пламени
- со всеми перечисленными факторами

Вопрос: К какому способу снижения пожарной опасности пластмасс относится синтез кремнеорганических полимеров?

- синтез принципиально новых классов неорганических и элементарорганических полимеров, обладающих повышенной термостойкостью
- улучшение свойств существующих полимеров путем структурной модификации
- создание новых органических полимеров, специально предназначенных для использования при высоких температурах
- изменение состава пластмасс
- введение антипиренов
- конструктивные меры

Вопрос: К какому способу снижения пожарной опасности пластмасс относится совместная полимеризация или поликонденсация звеньев различных мономеров?

- синтез принципиально новых классов неорганических и элементарорганических полимеров, обладающих повышенной термостойкостью
- улучшение свойств существующих полимеров путем структурной модификации
- создание новых органических полимеров, специально предназначенных для использования при высоких температурах
- изменение состава пластмасс
- введение антипиренов
- конструктивные меры

Вопрос: К какому способу снижения пожарной опасности пластмасс относится создание органических полимеров с жесткими цепями?

- синтез принципиально новых классов неорганических и элементарорганических полимеров, обладающих повышенной термостойкостью
- улучшение свойств существующих полимеров путем структурной модификации
- создание новых органических полимеров, специально предназначенных для использования при высоких температурах
- изменение состава пластмасс
- введение антипиренов
- конструктивные меры

Вопрос: К какому способу снижения пожарной опасности пластмасс относится замена термопластичной смолы на термореактивную?

- синтез принципиально новых классов неорганических и элементарноорганических полимеров, обладающих повышенной термостойкостью
- улучшение свойств существующих полимеров путем структурной модификации
- создание новых органических полимеров, специально предназначенных для использования при высоких температурах
- изменение состава пластмасс
- введение антипиренов
- конструктивные меры

Вопрос: К какому способу снижения пожарной опасности пластмасс относится замена горючего наполнителя на менее горючий?

- синтез принципиально новых классов неорганических и элементарноорганических полимеров, обладающих повышенной термостойкостью
- улучшение свойств существующих полимеров путем структурной модификации
- изменение состава пластмасс
- введение антипиренов
- конструктивные меры

Вопрос: К какому способу снижения пожарной опасности пластмасс относится уменьшение в стеклопластике фенолформальдегидной смолы с 10% до 7%?

- синтез принципиально новых классов неорганических и элементарноорганических полимеров, обладающих повышенной термостойкостью
- улучшение свойств существующих полимеров путем структурной модификации
- создание новых органических полимеров, специально предназначенных для использования при высоких температурах
- изменение состава пластмасс
- введение антипиренов
- конструктивные меры

Вопрос: К какому способу снижения пожарной опасности пластмасс относится введение фосфора, фосфата, полифосфата аммония?

- синтез принципиально новых классов неорганических и элементарноорганических полимеров, обладающих повышенной термостойкостью
- улучшение свойств существующих полимеров путем структурной модификации
- создание новых органических полимеров, специально предназначенных для использования при высоких температурах
- изменение состава пластмасс
- введение антипиренов
- конструктивные меры

Вопрос: К какому способу снижения пожарной опасности пластмасс относится введение винилбромидов, винилхлоридов, метакрилатов?

- синтез принципиально новых классов неорганических и элементарноорганических полимеров, обладающих повышенной термостойкостью
- улучшение свойств существующих полимеров путем структурной модификации
- создание новых органических полимеров, специально предназначенных для использования при высоких температурах
- изменение состава пластмасс
- введение антипиренов
- конструктивные меры

Тема: Нормирование пожаробезопасного применения строительных материалов.

Вопрос: На чем основано нормирование пожароопасного применения строительных материалов по СНиП 2.01.02-85* "Противопожарные нормы".

- Только на горючести материалов.
- Только на дымообразующей способности материалов.
- Только на токсичности материалов.
- Только на способности распространять пламя.
- Только на воспламеняемости материалов.
- На всех перечисленных свойствах.

Вопрос: Что учитывается при нормировании пожаробезопасного применения строительных материалов по СНиП 2.01.02-85* "Противопожарные нормы".

- Вид и величина пожарной нагрузки.
- Возможный температурный режим.
- Требуемая степень огнестойкости здания.
- Место применения материала.
- Поведения материала в условиях реального пожара.
- Горючесть материала.

Вопрос: На чем основано нормирование пожароопасного применения строительных материалов по СНиП 21-01-97* "Пожарная безопасность зданий и сооружений".

- Только на горючести материалов.
- Только на дымообразующей способности материалов.
- Только на токсичности материалов.
- Только на способности распространять пламя.
- Только на воспламеняемости материалов.
- На всех перечисленных свойствах.

Вопрос: Что учитывается при нормировании пожаробезопасного применения строительных материалов по СНиП 21-01-97* "Пожарная безопасность зданий и сооружений".

- Только степень огнестойкости здания. Вид и величина пожарной нагрузки.
- Только класс конструктивной пожарной опасности здания.
- Только класс функциональной пожарной опасности здания.
- Назначение материала.
- Все перечисленные варианты ответов.
- Место применения материала.

Вопрос: Назовите подходы к нормированию пожаробезопасного применения строительных материалов.

- Обезопасить людей в случае пожара.
- Обезопасить конструкции и конструктивную схему здания в целом в случае пожара.
- Уменьшить пожарную нагрузку.
- Уменьшить температурный режим пожара.
- Уменьшить площадь пожара.
- Снизить дымообразование при пожаре.

Вопрос: Назовите главный принцип пожаробезопасности по 12.1.004-91* "Пожарная безопасность. Общие требования".

- Обеспечить безопасность людей на пожаре.
- Обеспечить пожарную безопасность материальных ценностей.
- Обеспечить пожарную безопасность людей и материальных ценностей одновременно.
- Исключить возникновение пожара.
- Все выше перечисленные задачи.

Вопрос: Назовите критерии пожаробезопасного применения отделок из ПСМ (полимерно-строительных материалов) в здании.

- Применение ПСМ не должно стать причиной блокирования эвакуации людей.
- Применение ПСМ не должно приводить к распространению пожара по зданию, что может привести к гибели людей, которые своевременно не эвакуировались.
- Применение ПСМ не должно увеличивать пожарную нагрузку.
- Применение отделок не должно приводить к повышенной плотности дыма.
- Применение ПСМ не должно приводить к возникновению повышенной температуры.
- Применение ПСМ не должно приводить к возникновению повышенной токсичности при пожаре.

Вопрос: К чему приведет воспламенение ПСМ в одном из помещений здания:

- к блокированию эвакуации людей из этого помещения
- к блокированию эвакуации людей из других помещений этажа, на котором находится данное помещений
- к блокированию эвакуации людей из помещений других этажей
- к блокированию эвакуации людей из помещений смежных секций здания
- не заблокирует ни в каком помещении

Вопрос: К чему приведет образование опасных факторов пожара (ОФП) в коридоре этажа здания?

- К блокированию эвакуации людей из помещений этого этажа.
- К блокированию эвакуации людей из помещений других этажей.

- К блокированию эвакуации людей из помещений смежных секций здания.
- Нигде не заблокирует.

Вопрос: К чему приведет образование опасных факторов пожара (ОФП) в объеме лестничной клетки?

- К блокированию эвакуации людей из помещений здания.
- Нигде не заблокирует.
- К блокированию эвакуации людей из помещений смежных секций здания.

Вопрос: К чему приведет воспламенение ПСМ в вестибюле здания:

- к блокированию эвакуации людей из этого помещений здания
- ни к чему не приведет
- к блокированию эвакуации людей из помещений смежных секций здания

Вопрос: Что необходимо знать для определения требуемых пожарно-технических характеристик по СНиП 21-01-97* п.6.25.

- Только степень огнестойкости здания.
- Только класс конструктивной пожарной опасности здания.
- Место применения материала
- Только назначение материала.
- Только класс функциональной пожарной опасности здания.
- Все перечисленное.

Вопрос: По каким нормам определяются фактические пожарно-технические характеристики?

- ГОСТ 30244-94
- НПБ 251-98
- ГОСТ 30402-96
- ГОСТ Р 51032-97
- ГОСТ 12.1.044-89*
- ГОСТ 12.1.004-91*

Вопрос: В каком случае допускается применение полимерных отделок стен?

- критическая плотность теплового потока, при которой происходит воспламенение отделки больше или равна максимального значения теплового потока и показатель дымообразования и низшая теплота сгорания меньше или

равны их предельных значений, а показатель токсичности больше или равен его предельного значения.

- критическая плотность теплового потока, при которой происходит воспламенение отделки меньше максимального значения теплового потока.
- критическая плотность теплового потока, накладывающая ограничение на распространение пламени больше или равна максимального значения теплового потока и показатель дымообразования и низшая теплота сгорания больше их предельных значений, а показатель токсичности больше или равен его предельного значения.
- критическая плотность теплового потока, накладывающая ограничение на распространение пламени больше или равна максимального значения теплового потока и показатель дымообразования и низшая теплота сгорания меньше или равны их предельных значений, а показатель токсичности меньше его предельного значения.
- критическая плотность теплового потока, накладывающая ограничение на распространение пламени меньше максимального значения теплового потока при пожаре.

Учебное издание

Здания и сооружения и их устойчивость при пожаре

Составители:

Дяговец Екатерина Валентиновна

Огнева Татьяна Васильевна

Издается в авторской редакции

Компьютерная верстка Е.В. Дяговец

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 9,4375. Электронное издание

Опубликовано на портале moodle.spsu.ru