ФГБОУ ВО СИБИРСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГПС МЧС РОССИИ

Лекция

Тема 5.1 Древесина, древесные материалы и их пожарная опасность

Разработал:
ст. преподаватель кафедры
кафедры контрольно-надзорной деятельности
подполковник внутренней службы Д.Ю. Козлов

Железногорск
2022

План лекции

1. Особенности физического и химического строения древесины. Область использования древесины и материалов на ее основе в строительстве.
2. Поведение древесных материалов при нагревании: воспламенение; горение; тление древесины и материалов на ее основе.
3. Параметры, характеризующие пожарную опасность древесины и древесных материалов: скорость обугливания; массовая скорость выгорания и скорость распространения пламени; теплота сгорания; дымообразующая способность.
4. Современные способы снижения пожарной опасности древесины.

Самостоятельная работа

УП ЗИС СПСА 2019.

3. Органические строительные материалы.

3.1 Древесина.

Литература

Основная:

1. Лимонов Б.С., Г.Л. Шидловский и др. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре. Часть 1. Строительные материалы, их пожарная опасность и поведение в условиях пожара – СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, 2015. – 184 с.
2. Серков Б.Б. Здания и сооружения. Ч. 1. Конструкции, материалы, преграды: учебник / Б.Б. Серков, Т.Ф. Фирсова. – М.: КУРС, 2020. – 176 с. (Бакалавриат)

Дополнительная:

1.Битуев Б.Ж. Свойства и поведение строительных материалов в условиях пожара : учеб. пособие / Б. Ж. Битуев, В. М. Ройтман, Б. Б. Серков и др. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2016. – 148 с.
2.Корольченко А.Я., Трушкин Д.В., Пожарная опасность строительных материалов. Учебное пособие. – М.: «Пожнаука», 2005. – 232 с.: ил.

Литература

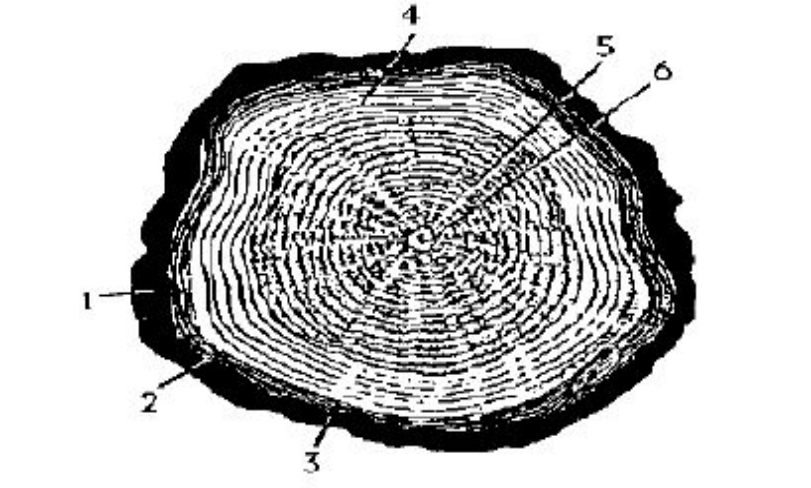
Нормативно-правовые документы:

- «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Текст]; федер. закон № 123-ФЗ [Принят Гос. Думой 4 июля 2008 г.. одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г.]

1. Особенности физического и химического строения древесины. Область использования древесины и материалов на ее основе в строительстве

1.1 Особенности физического и химического строения древесины

Макростроение древесины рассматривают на срезе ствола дерева, на котором видны: *кора, луб, камбий, заболонь, ядро и сердцевина.*



Строение ствола дерева на поперечном разрезе:
1 – кора; 2 – луб;
3 – камбий; 4 – заболонь;
5 – ядро; 6 - сердцевина

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, расположенный 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. В центре ствола расположена ***сердцевина*** – самая слабая, легко крошится и загнивает.

Древесиной, используемой для получения строительных изделий, являются ***заболонная*** и ***ядровая*** части ствола дерева.

Древесина имеет *пороки* (дефекты) строения: *первичные* – на растущих деревьях и *вторичные*, возникающие при хранении или эксплуатации древесины.

Первичные пороки относят:

сучковатость – наличие сучков;

косослой – винтообразное, косое расположение волокон в стволе;

свилеватость – волнистое и путаное расположение волокон;

сбежистость – уменьшение диаметра ствола от комля (основания) к вершине;

завиток – местное искривление годовых слоев.

Вторичные пороки:

плесень и гниль, червоточины и трещины, появляющиеся в результате усушки древесины в процессе хранения или эксплуатации.

На срезе ствола видна ***волокнистая структура*** древесины. Под микроскопом можно увидеть, что волокна древесины состоят из органических клеток.

Ложное ядро

Крень

Смоляной кармашек

Риски

Обзол

Морозная трещина

Трещина усушки

Червоточина

Гниль

Несросшийся (сухой) сучок

Гнилой сучок

Синева

Прирост

Сросшийся здоровый сучок

Сердцевина

Проросль

Химический состав древесины

Оболочку клеток образует в основном природное высокомолекулярное вещество – ***целлюлоза*** или ***клетчатка.***
В состав древесины еще 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).

1.1.1 Свойства древесины

Влажность древесины ($В_д$) – *начальное влагосодержание* оказывает большое влияние на качество древесины, его значение определяют по формуле:

$$В_д = \frac{m_в - m_с}{m_с} \cdot 100\%$$

где

$m_в$ – масса образца до высушивания;

$m_с$ – масса образца после высушивания до постоянного значения.

1.1.1 Свойства древесины

По содержанию влаги различают:

-*мокрую* древесину с влажностью свыше 100% и более;

-*свежесрубленную* – 35% и выше;

-*воздушно-сухую* 15-20%;

-*комнатно-сухую* – 8-12% ;

-*абсолютно сухую* древесину, высушенную до постоянной влажности при температуре 103±2°С.

Древесина и пиломатериалы, хранящиеся на воздухе, из-за *гигроскопичности* древесины имеют влажность 10-20%, поэтому был принят показатель *стандартной влажности*, равный 12%.

При этой влажности определяют свойства древесины при оценке ее качества.

Свободная влага состоит из той, что заполняет полости клеток и межклеточное пространство (*механическая влага*), и влаги *гигроскопической*, находящейся в микропорах стенок клеток.

При сушке и при пожаре древесина сначала теряет ***механическую влагу*** и после полного ее удаления выделяет ***гигроскопическую влагу***.

При удалении из древесины механической влаги масса древесины меняется, но объем и линейные размеры не меняются.

При удалении гигроскопической влаги происходит уменьшение размеров и объема изделия из древесины – явление, называемое *усушкой*.

Усушка древесины приводит к *короблению и появлению трещин.*

Процесс, обратный усушке, называют разбуханием древесины. Он происходит при увеличении содержания в древесине гигроскопической влаги. Вследствие неоднородности строения древесина усыхает или разбухает в различных направлениях неодинаково.

Специфические свойства древесины

Усушка – уменьшение ее линейных размеров и объема при высыхании.

Набухание – способность древесины увеличивать размеры и объем при поглощении воды, пропитывающей оболочки клеток.

Плотность древесины зависит от объема пор и влажности. Вещественный состав древесины различных пород приблизительно один и тот же, поэтому ***истинная плотность*** древесины величина постоянная и составляет 1,54 г/см^3.

Специфические свойства древесины

Средняя плотность древесины разных пород и даже одной и той же породы зависит от многих факторов, связанных с условиями роста дерева; с изменением влажности средняя плотность меняется, поэтому принято сравнивать плотность древесины при стандартной влажности - 12%.

Коробление – следствие разницы в усушке древесины и неравномерности высыхания.

Объемная масса древесины **(ρ_0)** зависит от породы древесины и составляет ρ_0 = 375–700 кг/м^3. Обычно объемную массу приводят к нормальной (12 %) влажности древесины.

Плотность древесины **(ρ)** составляет в среднем ρ = 1500 кг/м^3.

Теплофизические свойства древесины зависят от породы дерева, объемной массы, влажности и температуры.

Теплопроводность зависит от направления, в котором передается тепло через древесину, а коэффициент линейного теплового расширения различен для древесины вдоль и поперек волокон.

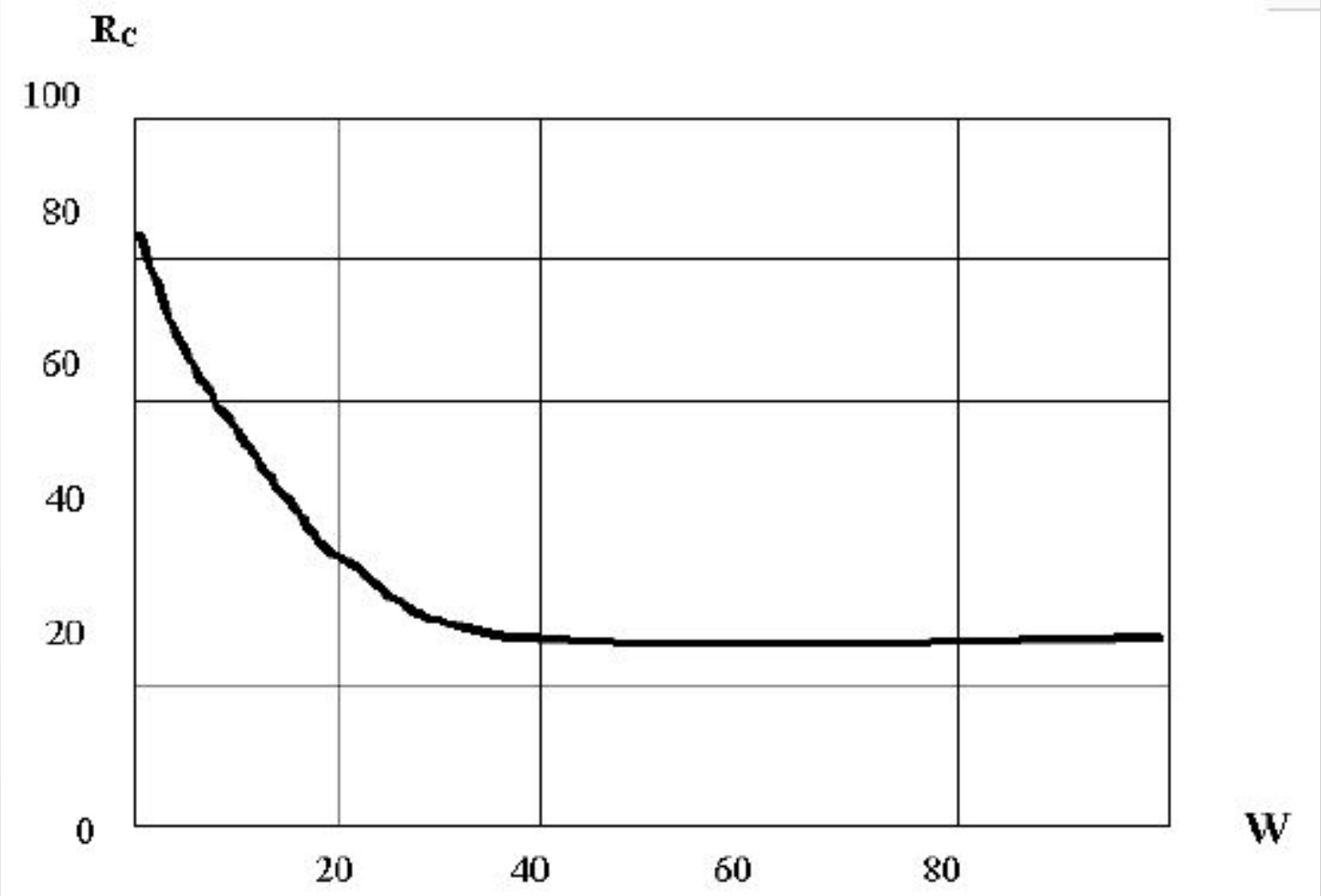
Древесина имеет *высокую прочность* при **растяжении** и **сжатии вдоль волокон** и относительно *низкую прочность* **поперек волокон.**

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 0,1–0,3 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 – 2–5 % прочности на растяжение вдоль волокон.



Зависимость прочности древесины от влажности:
W – влажность, % ;
R_C –временное сопротивление сжатию, МПа

Механические свойства древесины в значительной мере зависят от породы, объемной массы, влажности, возраста древесины, от направления действия нагрузки – вдоль или поперек волокон.

Древесина имеет волокнистое строение.

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.

Достоинства древесины:
богатая сырьевая база и сравнительно легкое получение;
невысокая стоимость;
высокая относительная прочность;
малая теплопроводность при сравнительно высокой удельной теплоемкости;
малая температурная деформативность;
высокая коррозионная стойкость при эксплуатации в агрессивных средах.

Недостатки древесины:
наличие пороков;
гигроскопичность;
горючесть.

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

1.2 Область использования древесины и материалов на ее основе в строительстве

Древесину используют в качестве декоративно-отделочного материала, а также для несущих конструкций.

Опыт и расчеты доказали экономическую эффективность замены в некоторых случаях железобетонных и металлических конструкций деревянными.

Для несущих конструкций используют преимущественно хвойные породы.

В строительстве древесину применяют в виде изделий: круглых, пиломатериалов, полуфабрикатов и строительных деталей.

В зависимости от степени переработки древесины различают:

- *лесные материалы*, получаемые только механической обработкой стволов деревьев (бревна, пиломатериал);

- *деревянные изделия и конструкции*, изготовляемые в заводских условиях (дверные и оконные блоки, клееные конструкции, фанера и др.)

- *материалы получаемые технологической переработкой древесины*:

а) *материалы и изделия из отходов* и неделовой *древесины с использованием вяжущих веществ* (древесно-стружечные плиты, арболит, фибролит);

б) *материалы получаемые физико-химической обработкой* древесного сырья (картон, бумага);

в) *материалы получаемые химической переработкой* древесины (лаки, краски, клеи, добавки).

Круглые изделия – отрезки стволов – ***бревна*** различают строительные и пиловочные. *Строительные* используют для несущих конструкций, *пиловочные* – для брусьев, досок, брусков.

Брусья – пиломатериалы, ширина и толщина которых превышает 110 мм, 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 этом отношении менее 2 называют ***брусками***.

Доски применяют для полов, перегородок, для обшивки стен и потолков. Из древесины изготавливают плинтусы, поручни, наличники для обшивки оконных и дверных коробок, паркет, фанеру.

Фанера – листы древесины, получаемые склеиванием по толщине *шпона* (тонкие слои древесины), применяют при изготовлении несущих и ограждающих конструкций, для обшивки стен внутри помещений и для перегородок.

Строительные детали и элементы сборных конструкций из древесины изготовляют на заводах.

К ним относятся *балки* для междуэтажных и чердачных перекрытий, дощатые *щиты* для перегородок, *элементы* щитовых и каркасных сборных *домов*, *щитовой паркет*, *столярные изделия*, *клееные деревянные конструкции*.

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

2. Поведение древесных материалов при нагревании: воспламенение; горение; тление древесины и материалов на ее основе

Древесина чувствительна к нагреву. Уже при температуре материала 110 °С начинается ее терморазложение, которое можно разделить на несколько стадий.

При нагревании до 120 - 180 °С происходит *удаление свободной влаги* и затем начинается *выделение химически связанной влаги, разложение менее термически стойких компонентов* древесины - с выделением в основном негорючих веществ.

При температуре 250 °С начинается *пиролиз* древесины с выделением как горючих, так и негорючих веществ.

Газовая смесь уже способна к *воспламенению* от источника зажигания.

При температуре 280 – 300 °С процесс терморазложения интенсифицируется.

При 350 - 400°С продолжается пиролиз древесины, начинает разлагаться *лигнин* и выделяется *основная масса горючих газов* (40% от возможного количества).

При достижении достаточной концентрации газообразных горючих продуктов терморазложения возможно их *самовоспламенение*.

Процесс горения древесины протекает в две стадии – ***пламенное горение*** продуктов терморазложения и ***тление*** угольного остатка.

В условиях пожара до 60 % тепла выделяется в период *пламенного горения* древесины и около 40 % – в период *тления* угля.

В связи с этим период пламенного горения является определяющим, хотя занимает меньше времени, чем фаза тления.

Термическое разложение и горение древесины сопровождается выделением газообразных продуктов, которые оказывают ***токсическое (отравляющее) действие*** на человека.

При тлении и горении ***выделяется дым***, который представляет собой дисперсную среду, из твердых и жидких частиц продуктов неполного сгорания древесины. Он снижает видимость и препятствует дыханию человека.

3. Параметры, характеризующие пожарную опасность древесины и древесных материалов: скорость обугливания; массовая скорость выгорания и скорость распространения пламени; теплота сгорания; дымообразующая способность

Пожарную опасность древесины характеризуют ***температурами воспламенения*** и ***самовоспламенения*** – 250 и 350–400 °С, соответственно, ***линейной скоростью распространения пламени*** по поверхности – $V_л$ = ***1-10*** мм/с.

Эта величина зависит от плотности внешнего теплового потока, падающего на древесину, от породы древесины и ориентации образца в пространстве. На рисунке показана зависимость $V_л$ по поверхности образца из сосны от плотности теплового потока – ***q*** при ориентации образца в вертикальной и горизонтальной плоскостях, соответствующих расположению облицовки стен и потолка.

Скорость тления древесины существенно ниже скорости распространения пламени и составляет в среднем для различных пород – ***0,6 –1,0*** мм/мин (***0,01*** мм/с).

Массовая скорость <u>выгорания</u> древесины (*потеря массы в единицу времени с единицы площади*) в условиях пожара зависит от породы древесины, объемной массы, влажности, площади поверхности, интенсивности облучения.

Выделение дыма и токсичных газов представляет доминирующую опасность при пожаре. Опасность возникает в результате токсического и раздражающего действия продуктов сгорания, а также ухудшения видимости в задымленной среде.

Ухудшение видимости затрудняет эвакуацию людей из опасной зоны, что увеличивает риск их отравления продуктами сгорания. Ситуация при пожаре осложняется ещё и тем, что дымовые газы быстро распространяются в пространстве и проникают в помещения, удалённые от очага пожара.

Концентрация выделяющегося дыма и его природа зависят от структурных особенностей и химического состава горючего материала.

В дымовых газах, образующихся при горении древесины, обнаружено более 200 соединений – продуктов неполного сгорания. Выявлены соединения, которые выделяются из компонентов древесины без их изменения за счёт испарения и последующей конденсации на частицах сажи или изменёнными лишь частично в ходе повышения температуры.

Для древесины ***показатель токсичности*** продуктов горения составляет ***35,5*** г/куб.м.

Токсичность продуктов разложения и горения древесины в основном обусловлена высоким содержанием – угарного газа *CO*.

Для сосны ***коэффициент дымообразования*** *при пламенном горении* составляет в районе – *50* м^2*/кг*, что позволяет отнести ее к материалам с *малой* - *Д1* или *умеренной* - *Д2* ***дымообразующей способностью***.

При тлении этот показатель может достигать D_m*=600* м^2*/кг*, т.е. *тлеющая древесина* может относиться к материалам с *высокой дымообразующей способностью* - *Д3*.

При нагреве ***снижается прочность*** (разрушается структура) древесины из-за ***терморазложения*** и ***обугливания***, теряется масса *(уменьшается и объемная масса)*.

На практике дымообразующую способность материалов оценивают по максимальной величине оптической плотности дыма в расчёте на единицу площади образца.

Детальная информация о влиянии разновидности и породы древесины на показатели дымообразования отсутствует.

Однако, существует общая тенденция: при пламенном горении древесины при воздействии внешнего радиационного теплового потока способность к образованию дыма намного ниже, по сравнению с выделением дыма в режиме разложения и тления.

По классификации, ***древесина всех пород относится к горючим материалам***. Модификация древесины полимерами, как правило, повышает ее пожарную опасность.

Результаты испытаний на дымообразующую способность

Материал	Режим горения	D_m $м^2/кг$	Группа по дымообразующей способности
Пиломатериалы лиственные + три слоя лака ПФ-283	тление	436	Д2
	горение	53	Д2
Пиломатериалы хвойных пород + два слоя олифы гифталевой	тление	656	Д3
	горение	61	Д2
Фанера березовая + шпон буковый	тление	74	Д2
	горение	69	Д2
Древесно-волокнистая плита	тление	253	Д2
	горение	13	Д1
Древесно-стружечная плита	тление	50	Д1
	горение	12-15	Д1

Результаты испытаний на токсичность продуктов горения

Материал	Выделение токсичных веществ (CO), $м^2/ч$	H_{CL-50}, $г/м^3$	Группа по токсичности
Фанера ФСФ	230	25,3	Т3
Древесина сосны	166,3	35,5	Т3
Древесно-стружечная плита	108	49,0	Т2

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

4. Современные способы снижения пожарной опасности древесины

Для предотвращения возникновения и распространения пожара в зданиях и сооружениях с несущими и ограждающими конструкциями, а также отделочными и облицовочными материалами из древесины наиболее широкое применение нашли ***следующие способы огнезащиты:***

1 – конструктивные, с помощью плитных и рулонных материалов разного типа;
2 – поверхностная и глубокая пропитка специальными огнезащитными составами;
3 – применение огнезащитных покрытий.

Эффективность огнезащиты древесины конструктивными способами определяется сопротивляемостью к действию огня и теплоизолирующей способностью самих огнезащитных плитных и рулонных материалов.

При нарушении целостности конструктивной огнезащиты, например, из-за образования сквозных трещин и расслаивания, её влияние на огнезащиту, скорость обугливания древесины сводится к минимуму.

Хотя указанными выше способами можно заметно повысить предел огнестойкости деревянных конструкций, необходимая толщина подобных огнезащитных материалов обычно превышает 10-15 мм.