

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (Сибстрин)

Кафедра металлических и
деревянных конструкций

Секция конструкций из
дерева и пластмасс

ЗАЩИТА ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ ВОЗГОРАНИЯ

Методические указания
Для студентов специальности 270102
«Промышленное и гражданское строительство»
всех форм обучения

НОВОСИБИРСК 2008

Методические указания разработаны доцентом кафедры МДК В.Н.Шведовым, доцентом кафедры МДК Прижуковой Е.Л.

Утверждены методической комиссией
Архитектурно-строительного факультета
«___» марта 2008 г.

Рецензенты:

– В.В.Пуртов, канд.техн. наук, доцент кафедры МДК НГАСУ
(Сибстрин);

—

Новосибирский государственный
архитектурно-строительный
университет (Сибстрин), 2008

СОДЕРЖАНИЕ

1. Горение древесины	3
2. Огнестойкость сооружений	11
3. Деревянные конструкции в условиях пожара	13
4. Противопожарные преграды	16
5. Изоляция систем отопления	22
6. Огнезащита деревянных конструкций и их узлов	30
Список литературы	47

1. Горение древесины.

Горение - это химический процесс окисления древесины, т.е. соединения составляющих её компонентов с кислородом воздуха, который сопровождается выделением тепла и света и характеризуется высокой скоростью реакции.

Суммарный химический состав древесины (в % по весу) практически мало зависит от породы дерева и может быть в среднем выражен следующим образом:

углерод	49
кислород	44
водород	6
азот и другие вещества	1

Итого 100

Воздух, в среде которого протекает процесс горения, состоит в основном из кислорода и азота. К азоту обычно причисляют и все другие инертные газы, имеющиеся в воздухе в весьма незначительных количествах. Химический состав воздуха (в % по весу) практически может быть принят следующим:

кислород	23
азот и другие инертные газы.	77

Итого 100

В процессе горения принимают участие следующие химические реагенты: окислитель – кислород воздуха; окисляемые горючие вещества – углерод и водород древесины.

Азот как инертный газ в процессе горения участия не принимает и выделяется из древесины в свободном состоянии.

Для полного сгорания 1 кг воздушно – сухой древесины (влажность $W=8-18\%$) требуется в среднем 5,9 кг (или 4,6 м³) воздуха (рис. 1).

В результате горения древесина превращается в углекислоту (углекислый газ + водяные пары). Из минеральных веществ, содержащихся в древесине в весьма незначительном количестве, образуется несгораемый остаток – зола (приблизительно 0,5% по весу).

Процесс горения древесины может происходить:

- при повышении температуры воздуха, окружающего древесину, и наличии открытого огня (пламени или искры), соприкасающегося с древесиной;

- при повышении температуры воздуха, окружающего древесину, и отсутствии открытого огня (пламени или искры), соприкасающегося с древесиной.

В первом случае процесс горения древесины может быть схематически представлен в следующем виде (рис.2).

При повышении температуры воздуха, в котором находится древесина, до $t_1 = 125^\circ\text{C}$ из полостей и стенок клеток древесины полностью испаряется вся свободная (капиллярная) и гигроскопическая влага, вследствие чего древесина становится абсолютно сухой ($W_{\text{абс}} = 0\%$).

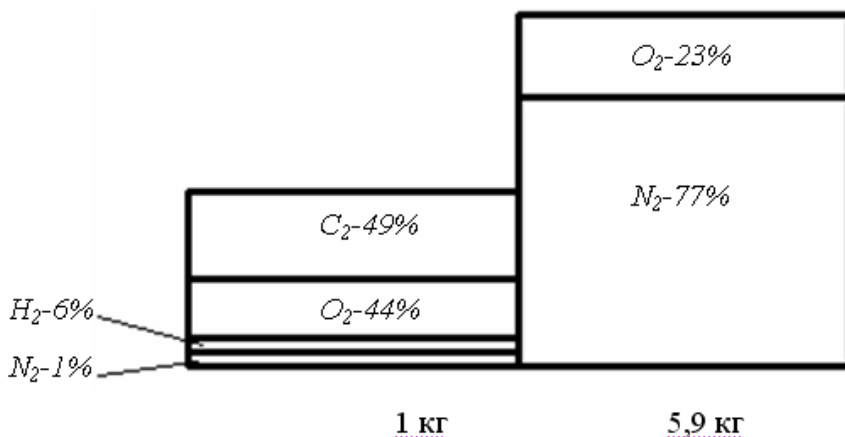


Рис.1 Химический состав древесины (1 кг) и воздуха (5,9 кг), характеризующий количественное соотношение веществ при полном сгорании древесины

При дальнейшем повышении температуры (в пределах от 125 до 210 °C) древесина начинает разлагаться: из неё выделяются летучие вещества, содержащие, например, окись углерода, углеводороды, водород и др. Все эти явления связаны с поглощением тепла древесиной (так называемая эндотермическая стадия горения *A*)

При температуре $t_2 = 210^\circ\text{C}$ и соприкосновении с источником открытого огня (пламенем или искрой) вышеупомянутые летучие вещества (газы) вспыхивают, т.е. дают ряд кратковременных вспышек ($t_2 = 210^\circ\text{C}$ – температура вспышки). Это явление наблюдается и при дальнейшем повышении температуры (до 260°C). Явление вспышки совпадает с началом экзотермической стадии горения *B*, т.е. с началом вы-

деления тепла из древесины в результате химических процессов, происходящих в процессе горения.

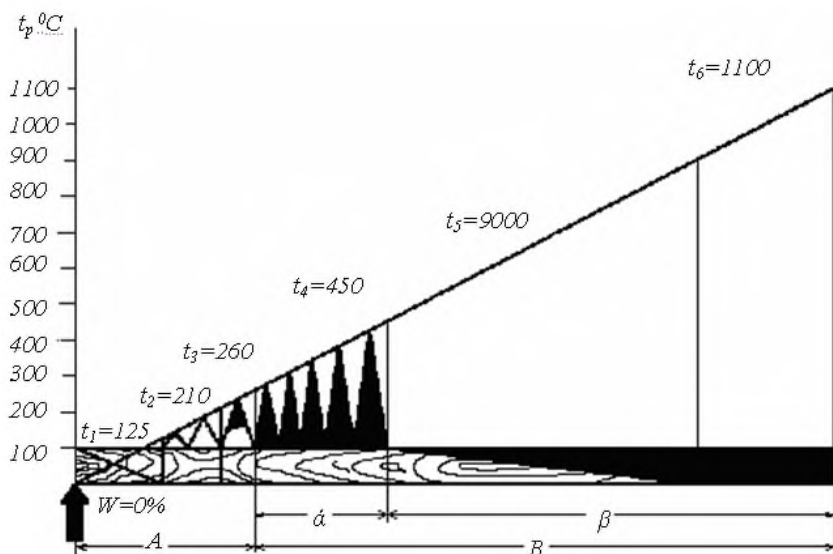


Рис.2. Процесс горения древесины при повышении температуры воздуха, окружающей древесину, и наличии открытого огня, соприкасающегося с древесиной: А — эндотермическая стадия горения; В — экзотермическая стадия горения; α — пламенное горение; β — беспламенное горение; t_1 — температура, при которой древесина становится абсолютно сухой; t_2 — температура вспышки; t_3 — температура воспламенения; t_4 — температура, при которой заканчивается пламенное горение; t_5 — температура на пожарах; t_6 — температура в топках.

При температуре $t_3 = 260^\circ\text{C}$ (температура воспламенения) и наличии внешнего источника огня начинается длительное и стойкое горение летучих веществ (газов), выделяющихся из древесины. Эта фаза горения (α), или пламенное горение древесины, продолжается до температуры $t_4 \approx 450^\circ\text{C}$.

При $t_4 = 450^\circ\text{C}$ прекращается пламенное горение древесины и начинается беспламенное горение (β) угля, сопровождающееся повышением температуры на пожарах до $t_5 = 900^\circ\text{C}$ (в топках до $t_6 = 1100^\circ\text{C}$).

Во втором случае при повышении температуры окружающего воздуха до $t_{\min} = 330^\circ\text{C}$ и отсутствии открытого источника огня имеет

место самовоспламенения древесины. Процесс горения протекает так же, как и в первом случае.

Следует отметить, что в закрытых конструкциях, например в деревянных балках, заделанных в кирпичные стены вблизи дымоходных каналов, может иметь место и явление самовозгорания древесины, (при отсутствии высокой температуры среды, окружающей деревянную конструкцию). Если скрытая деревянная конструкция (например, конец деревянной балки вблизи дымохода) подвергнется длительное время нагреву $t_{\min}=130\div150^{\circ}\text{C}$, то древесина конструкции начинает разлагаться и вследствие химических процессов, происходящих в ней, саморазогревается до температуры самовоспламенения $t_{\min}=330^{\circ}\text{C}$; в результате древесина горит.

Из вышесказанного следует, что для горения деревянных конструкций необходимо наличие воздуха, прогрева и открытых источников огня (рис. 3), а при отсутствии последних (рис.4) – прогрев до температуры, вызывающей самовоспламенение ($t_{\min}=330^{\circ}\text{C}$) или саморазогревание($t_{\min}=130\div330^{\circ}\text{C}$) с последующим самовозгоранием.

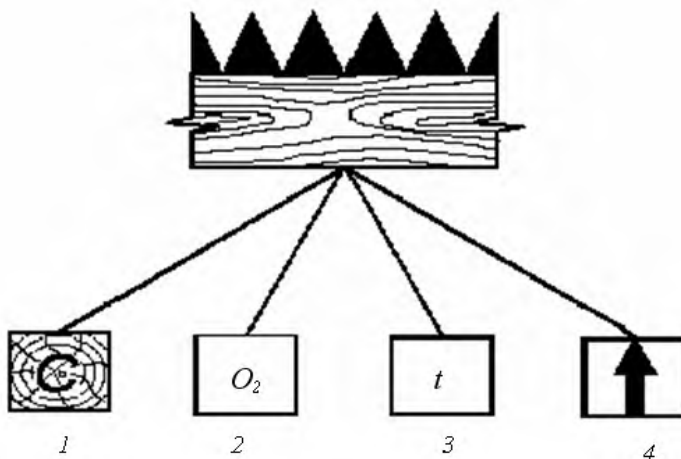


Рис. 3. Условия горения деревянных конструкций при наличии источника огня;
1- древесина (1 кг); 2 –воздух, окружающий древесину (4,6 м³);
3 – прогрев древесины до $t_{\min}=260^{\circ}\text{C}$;
4 –источник огня (пламя, искра), соприкасающийся с древесиной

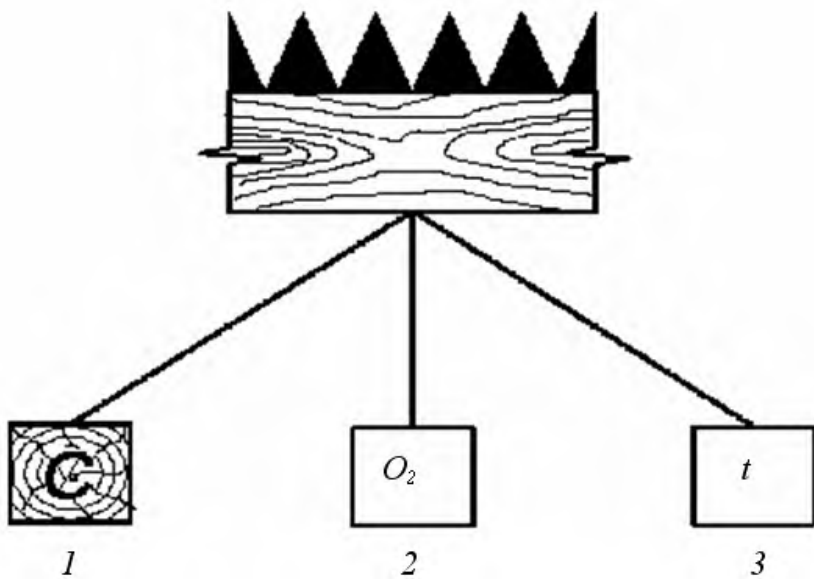


Рис. 4. Условия горения деревянных конструкций при отсутствии источника огня;
 1- древесина (1 кг); 2- воздух, окружающий древесину ($4,6 \text{ м}^3$);
 3 – прогрев древесины а- до $t_{\min}=330^\circ\text{C}$; б- до $t_{\min}=130^\circ\text{C}$ при длительном дей-
 ствии, вызывающем саморазогревание древесины до $t_{\min}=330^\circ\text{C}$

По результатам исследований, проведенных во ВНИИПО МВД РФ [2], через 3 –5 мин после начала теплового воздействия по режиму «стандартного» пожара на поверхности древесины, с относительной влажностью не более 9%, температура достигает $280 - 300^\circ\text{C}$. При этом начинается карбонизация поверхностных слоев древесины, которая теряет свои первоначальные механические свойства.

При $t_0 > 300^\circ\text{C}$ (рис.5) образуется слой угля с неоднородной пористой структурой с усадочными трещинами. Этот переугленный слой древесины обладает более низкими, по сравнению с необугленной древесиной, теплофизическими характеристиками: коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{тем}}$, удельной теплоемкостью $C_{\text{тем}}$. Процесс обугливания происходит последовательно, распространяясь от поверхности слоев вглубь сечения элемента, что приводит к уменьшению его размеров.

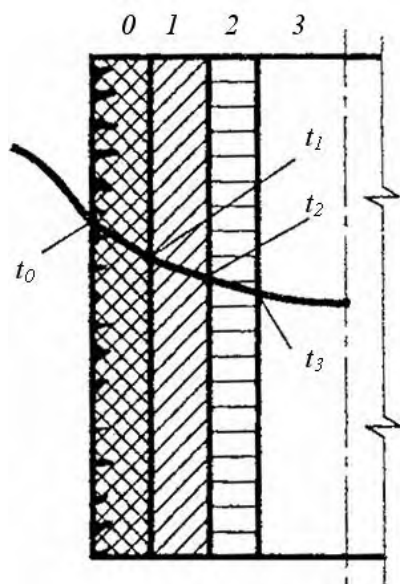


Рис. 5. Модель процесса обугливания древесины и распределение температуры по сечению деревянных элементов; $t_0 > 300^\circ\text{C}$; $t_1 < 300^\circ\text{C}$; $t_2 > 175^\circ\text{C}$; $t_3 > 100^\circ\text{C}$ происходит фазовое превращение влаги в пар

Скорость обугливания различных пород древесины колеблется в пределах от 0,6 до 1,0 мм/мин и зависит от: изменения и продолжительности температурного режима пожара; плотности и влажности древесины; количества сторон обогрева деревянного элемента, а также размеров его сечения и шероховатости поверхности. С увеличением плотности, влажности древесины, размеров сечения элемента скорость обугливания снижается, а с увеличением температуры нагревающей среды при пожаре, притока воздуха, количества сторон обогрева сечения и шероховатости поверхности их плоскостей скорость обугливания древесины возрастает.

По сравнению с клееной древесиной скорость обугливания цельной древесины выше с увеличением продолжительности температурного воздействия скорость обугливания древесины снижается.

Для элементов прямоугольного сечения скорость обугливания древесины зависит от отношения высоты сечения h к его ширине b .

Так, при обогреве элемента с трех сторон при $h/b=1$ (квадратное сечение) скорость обугливания V боковых граней равна скорости обугливания нижней грани ($V_{бок}=V_{низ}$), а для отношения $h/b=3/4$, т.е $V_{низ}=1,3 V_{бок}$. Согласно [3], при расчете пределов огнестойкости деревянных конструкций по «стандартному» режиму пожара скорость обугливания древесины принимается постоянной. Для древесины (ель, сосна) с влажностью не более 9% значения скорости обугливания цельной и клееной древесины даны в табл.1.

Таблица 1.

Скорость обугливания древесины.

Наименьший размер сечения	Скорость обугливания древесины V , мм/мин	
	Клееной	Цельной
120 мм и более	0,6	0,8
Менее 120 мм	0,7	1

Изменение глубины обугливания древесины Z от времени ее нагрева τ имеет линейный характер. При этом значение глубины обугливания равно

$$Z = \tau V,$$

где V - скорость обугливания древесины.

Обработка поверхности элементов деревянных конструкций огнезащитными составами задерживает начало обугливания древесины и не влияет на его скорость. В элементах прямоугольного сечения более интенсивно обугливаются углы сечений, скругливание которых наблюдается через 10-15 мин после начала карбонизации древесины. При тепловом воздействии на элементы деревянных конструкций кроме уменьшения размеров рабочего сечения в результате обугливания древесины наблюдается снижение ее прочности и упругих характеристик.

При температуре 230-250°C древесина полностью теряет способность сопротивляться действующим нагрузкам. Толщина слоя древесины, прогретой до значений температуры 230-250°C и находящейся за фронтом обугливания в пределах зоны 1 (рис.5), составляет 5-6 мм. Распределение температуры от фронта обугливания к центру сечения массивных клееных деревянных элементов, меняющейся в пределах от 300°C до первоначальной температуры в условиях эксплуатации по

гиперболическому закону, приведено на рис.6. При «стандартном» режиме пожара толщина такого слоя древесины формируется в течении 1-1,5 часа, продвигаясь с перемещением фронта обугливания вглубь сечения элемента, сохраняет свою длину в пределах 40÷55 мм.

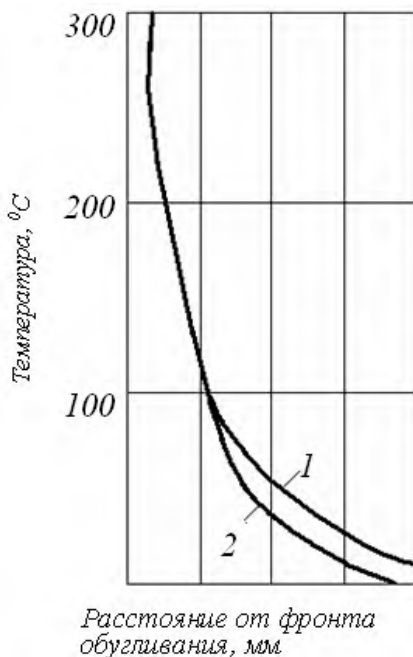


Рис. 6. Распределение температуры от фронта обугливания к центру сечения клееного деревянного элемента при тепловом воздействии: 1 – в пределах 30 мин, 2 – в пределах 60 мин

2. Огнестойкость сооружений.

Все строительные материалы и конструкции подразделяются на три группы в о з г о р а е м о с т и: несгораемые, трудносгораемые и сгораемые.

Н е с г о р а е м ы е материалы и конструкции под воздействием огня или высокой температуры не горят (железобетонные и стальные конструкции, каменная или кирпичная кладка).

Т р у д н о с г о р а е м ы е материалы и конструкции под воздействием огня или высокой температуры горят с трудом, тлеют или обугливаются и продолжают гореть или тлеть только при наличии источника огня (оштукатуренные деревянные столбы, стены, перегородки и перекрытия; древесина, пропитанная антипиренами; опилочный бетон; гипсовые панели с реечной арматурой и др.).

Сгораемые материалы и конструкции под воздействием огня или высокой температуры быстро горят или тлеют и продолжают гореть или тлеть после удаления источника огня (деревянные конструкции, не защищенные штукатуркой или не пропитанные антипиренами).

Показателем продолжительности сопротивления строительных конструкций воздействию огня при пожаре является предел огнестойкости – продолжительность сопротивления конструкции огню: 1) до образования сквозных трещин; 2) до повышения температуры на противоположной от огня поверхности более 220°C; 3) до потери несущей способности и обрушения

Степень огнестойкости – это сопротивление строительного объекта (в целом) огню и высоким температурам при пожаре, характеризующееся группами возгораемости и пределами огнестойкости отдельных строительных конструкций. Различают пять степеней огнестойкости. Деревянные сооружения могут относиться к III, IV и V степеням.

III степень – сооружения с несгораемыми стенами, колоннами и трудносгораемыми деревянными (оштукатуренными или пропитанными антипиренами) перекрытиями и перегородками

IV степень – сооружения с трудносгораемыми деревянными (оштукатуренными или пропитанными антипиренами) конструкциями;

V степень – сооружения со сгораемыми деревянными (неоштукатуренными и непропитанными антипиренами) строительными конструкциями.

3. Деревянные конструкции в условиях пожара.

Одной из причин обрушения ограждающих каркасных конструкций при огневом воздействии является быстрый прогрев несущих ребер деревянного каркаса. В утепленных клефанерных панелях несущие ребра частично закрываются утеплителем, защищающим их от непосредственного воздействия температуры при пожаре. По данным огневых испытаний в клефанерных утепленных ограждающих конструкциях нижняя фанерная обшивка толщиной 8 мм прогорает через 7-8 мин [2]. Выход из строя нижней обшивки в плитах покрытия способствует выпадению утеплителя, защищающего несущие ребра этих конструкций. То же самое наблюдается и в плитах покрытия с асбестоцементными обшивками. Хотя асбестоцемент является негорючим материалом, при пожаре под воздействием высоких температур, ему ха-

рактельны взрывообразная потеря целостности. С увеличением первоначальной влажности асбестоцемента наблюдается снижение времени его разрушения, которое может достигать нескольких минут. Так при первоначальной влажности

4-6 % взрывообразная потеря целостности для плоских асбестоцементных листов наступает через 6-8 минут после начала температурного воздействия на конструкцию. Подобное разрушение асбестоцементной обшивки в ограждающих конструкциях наиболее характерно при пожарах в зданиях с повышенной влажностью, к которым относятся объекты сельскохозяйственного назначения.

Применение в качестве обшивок полиэфирного стеклопластика увеличивает пожарную опасность ограждающих конструкций. Увеличению пожарной опасности утепленных ограждающих конструкций способствует применение сгораемого утеплителя. Наличие продухов в утепленных ограждающих конструкциях способствует распространению огня в здании и увеличению размеров очага пожара.

Поведение клеевых соединений в деревянных клееных конструкциях (ДКК) в условиях пожара определяется термостойкостью клеев. Проведенные исследования показали, что наиболее термостойкими являются клеи, выполненные на основе резорциновой и фенолформальдегидной смол ФР-12 и КБ-3, а наименьшей термостойкостью обладает эпоксидный клей ЭПЦ-1. Влияние повышенных температур на прочность клеевых соединений показали, что их прочность в необугленной части сечения деревянного элемента не изменяется [6]. Это объясняется тем, что обуглившийся слой древесины обладает термоизолирующей способностью, поэтому внутренняя часть сечения деревянных клееных конструкций, подвергнутых тепловому воздействию, прогревается медленно. В отличие от массивных клееных конструкций, при воздействии высоких температур на фанерные элементы в клефанерных конструкциях клеевые швы фанеры нагреваются быстрее, что приводит к снижению их прочности. Поэтому до образования в фанерном листе отверстий может наблюдаться расслаивание фанеры, способствующее увеличению скорости ее горения.

Снижение несущей способности нагельных соединений и увеличение их деформативности в условиях пожара происходит из-за уменьшения изгибной прочности стальных нагелей и обугливания древесины в нагельном гнезде. Соединения с применением винтов, шурупов, гвоздей обладают более низким пределом огнестойкости, что объясняется меньшей глубиной их заделки в древесину.

Предел огнестойкости узлов в деревянных конструкциях определяется не только несущей способностью нагельных соединений, но и несущей способностью деревянных и стальных соединительных элементов (накладок, башмаков). Необходимо учитывать, что под стальными соединительными деталями (накладками, башмаками), прикрепленными нагелями к деревянным элементам конструкции, наблюдается более интенсивное обугливание древесины, которое уменьшает предел огнестойкости нагельных соединений за счет снижения рабочей длины нагеля. При действии температуры при пожаре древесина у наружных концов стальных нагелей дополнительно выгорает на глубину 10-12 мм [11]. С учетом слоя необуглившейся древесины глубиной 5 мм, в пределах которой древесина не сопротивляется нагрузкам, можно считать, что нагель не работает в условиях пожара на участке нагельного гнезда длиной 15-17 мм.

Огневые испытания [7] показали, что изгибаемые дощатоклееные балки могут разрушаться не только в сечении, где действуют максимальные нормальные напряжения от изгиба, но и в опорных зонах, где наблюдается действие максимальных касательных напряжений. Это объясняется тем, что прочность древесины на действие касательных напряжений, способствующих ее скалыванию вдоль волокон, а также прочность клеевого шва в условиях температурного воздействия при пожаре снижается быстрее чем изгибная прочность древесины.

Из имеющихся конструктивных решений балок наиболее пожароопасными являются клеефанерные балки, что объясняется небольшими размерами поперечных сечений их элементов. Обрушение клеефанерных балок в условиях пожара может произойти за счет истощения несущей способности растянутого нижнего пояса, разрушения клеевого шва, крепящего деревянный пояс к фанерной стенке, а также выхода из строя самой фанерной стенки. Наличие пустот в балках коробчатого сечения способствуют распространению огня по конструкциям.

Защита деревянных конструкций от огня основывается на устранении условий, вызывающих процесс горения: притока воздуха, прогрева древесины, огня. Этого можно достигнуть, проводя комплекс конструктивно-химических мероприятий: правильную планировку здания, применение огнестойких или защищенных от действия огня конструкций и материалов, противопожарные преграды, изоляцию систем отопления и т. п. и химическую огнезащитную обработку сгораемых элементов зданий.

4. Противопожарные преграды.

К противопожарным преградам, ограничивающим распространение возникшего в здании огня, относятся: противопожарные стены (брандмауэры), тамбуры (зоны), огнестойкие перекрытия и двери, а также автоматические противопожарные диафрагмы.

Противопожарные стены (брандмауэры). Противопожарная стена, или брандмауэр это несгораемая глухая стена, опирающаяся на самостоятельный фундамент, рассекающая по вертикали здание и в виде ребра возвышающаяся над крышей (рис. 7). Установленный нормами предел огнестойкости для противопожарных стен (минимум 4 час) практически соответствует огнестойкости стены толщиной 25 см из обыкновенного обожженного глиняного кирпича. Конструктивное сопряжение противопожарной стены с прилегающими частями здания должно обеспечивать ее устойчивость в том случае, если одна из прилегающих к ней частей здания обрушится в результате пожара. Противопожарная стена выводится над крышей на минимальную высоту 30 см при несгораемой кровле и 60 см – при сгораемой (считая эту высоту перпендикулярно к скату). В деревянных зданиях (степени огнестойкости IV и V) противопожарная стена должна выступать в виде ребра не только над крышей, но и за наружную плоскость стен на 30 см. Наличие ребер противопожарной стены, выступающих из плоскостей наружных стен, не только портит вид здания, но может также мешать движению по тротуару, прилегающему к зданию. В этих случаях ребра могут быть заменены несгораемыми вертикальными секциями наружных стен шириной 3,6 м (по 1,8 м по обе стороны от противопожарной стены).

Вопрос о том, сколько противопожарных стен необходимо предусмотреть в здании, решается на основе эмпирических данных, отраженных в нормативах.

Следует особо подчеркнуть, что противопожарная стена должна пересекать («перерезать») все деревянные конструкции и элементы здания: стены, перегородки, крыши (рис.8) и т.д

Противопожарные перекрытия. Противопожарные перекрытия – это горизонтальные противопожарные преграды, как правило, это несгораемые перекрытия, между которыми суммарная площадь этажей

не превышает наибольшую допустимую площадь между противопожарными стенами.

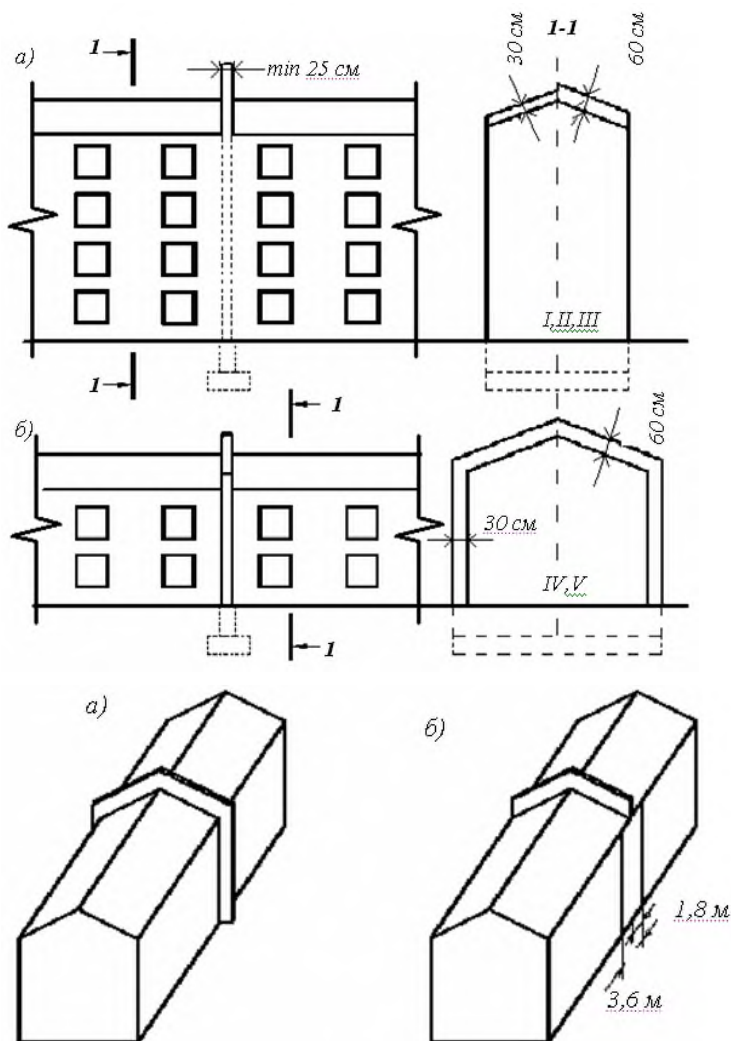


Рис. 7. Противопожарные стены (брандмауэры)
а – в каменных зданиях, б– в деревянных зданиях.

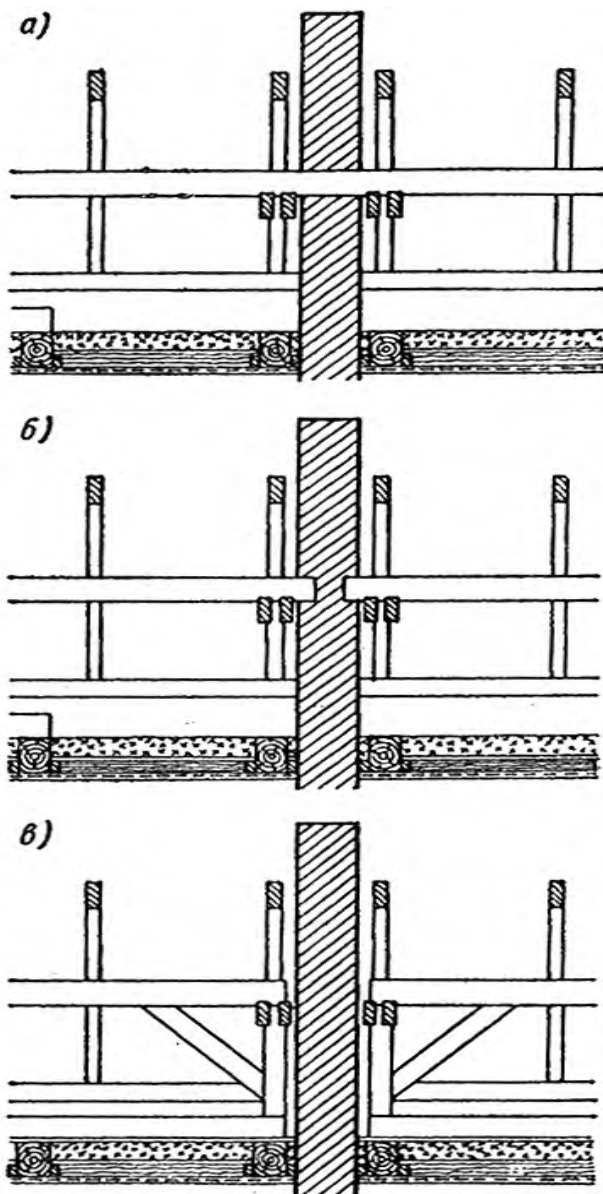


Рис. 8. Сопряжение деревянных конструкций крыши с противопожарной стеной: а – неправильное (прогон пропущен через противопожарную стену); б – неправильное (прогоны опираются на гнезда в противопожарной стене); в – правильное (прогоны опираются на подкосы и стойки)

В зданиях IV и V степеней огнестойкости над подвальными или цокольными этажами допускается устраивать трудно-сгораемые перекрытия с пределом огнестойкости 0,75 час.

Противопожарные двери. Противопожарные двери являются важным конструктивным элементом в системе противопожарных преград. Их назначение: плотно заполнять дверные проемы и таким образом предотвращать распространение огня из одного помещения в другое.

Противопожарные двери должны устраиваться в противопожарных стенах, если дверные проемы в них необходимы по условиям технологического процесса (предел огнестойкости 1,5 час), а также лестничных клеток на чердак и т.д. Противопожарные двери могут быть несгораемые, если полотнища и коробки их стальные, и трудно-сгораемые, когда полотнища и коробки деревянные, обшиты асбестом и покрыты листовой сталью.

Стальные противопожарные двери имеют крупные недостатки: сильно прогреваются (накаляются, являясь, таким образом, проводником огня); значительно деформируются, образуя щели, через которые пробиваются дым и огонь; полотнища их (при деформации) заклиниваются в дверных проемах и тем самым являются препятствием при тушении пожара или при эвакуации людей из горящего здания.

Трудно-сгораемые противопожарные двери, наоборот, этих недостатков не имеют и поэтому могут быть рекомендованы для применения во всех случаях.

Ниже приводится следующая конструкция трудно-сгораемой двери (рис.9). Три слоя чисто обрезных (нешпунтованных) досок, образующих полотнище, сбиваются гвоздями так, чтобы швы между досками одного слоя были перпендикулярны к швам досок следующего (прилегающего) слоя.

Снаружи полотнище обшивается асбестом и покрывается стальными листами, которые сопрягаются фальцами «под замок» и крепятся шурупами. Чтобы обеспечить выход газам, образующимся в древесине полотнища под влиянием высоких температур, и чтобы при этом стальная обшивка не была разорвана, в последней и в асбесте делают прорезы (до древесины) размером $d = 6\sqrt{F}$ (F – площадь двери). Прорезы делаются в середине каждой половины полотнища с той стороны, откуда ожидается воздействие огня, или же с обеих сторон, если направление огня заранее неопределимо.

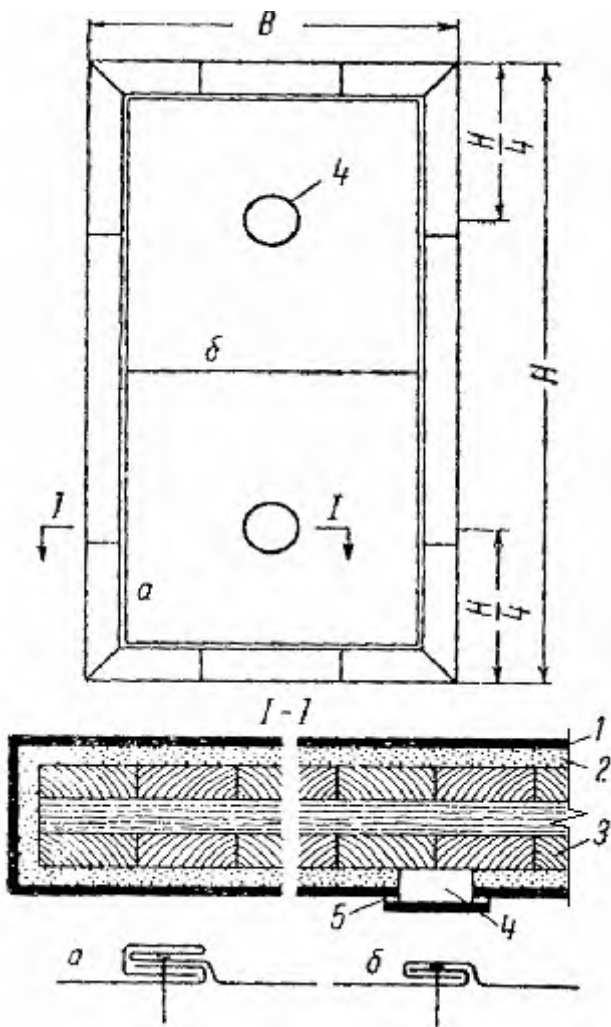


Рис. 9. Конструкция трудносгораемой противопожарной двери

1 – листовая сталь; 2 – обшивка полотнища асбестом; 3 – трехслойное полотнище из чистообрезных досок, без асбестовых прокладок; сопряжение стальных листов обшивки фальцами: а – двойными и б – одинарными и крепление их шурупами; 4 – прорезы в стальной обшивке и в асбесте (до древесины); 5 – легкоплавкий припой плавящийся при $t_{\max}=350\text{ }^{\circ}\text{C}$

При пожаре под воздействием огня или высоких температур припой плавится, щитки отпадают, и газы из древесины выходят через прорезы, не вызывая деформаций стальной обшивки. Такие двери приблизительно в 2,5 раза устойчивее, чем двери без прорезов.

Автоматические противопожарные диафрагмы. Такие диафрагмы устраиваются в воздуховодах воздушного отопления и в вентиляционных каналах для того, чтобы в случае пожара изолировать помещения, в которых возник огонь.

Среди многочисленных систем и конструкций таких диафрагм наибольшее распространение имеют вращающиеся клапаны и падающие щитки.

Вращающийся клапан – это стальная диафрагма, расположенная горизонтально внутри горизонтального канала, проходящего через стену из одного помещения в другое. Один край диафрагмы, нагруженный противовесом, закреплен нитью, проходящей через стенку канала и подвешенной к перекрытию; таким образом, диафрагма удерживается в горизонтальном положении. Эта стальная нить в двух местах (внутри канала и в помещении) прервана «замками» – звеньями из легкоплавкого материала. Если в канале или в помещении возникает огонь или температура воздуха под воздействием очага пожара поднимется до $70\div 80^{\circ}\text{C}$, то легкоплавкие «замки» нити плавятся, она разрывается, и диафрагма, вращаясь вокруг оси под давлением противовеса, принимает вертикальное положение и закрывает сечение канала.

Падающий щиток – это стальная диафрагма, расположенная вертикально в вертикальном стальном «кармане», прикрепленном к стене, через которую проходит канал. Диафрагма опирается снизу на пластинку из легкоплавкого металла Вуда. При возникновении пожара под влиянием высокой температуры эта пластинка плавится, диафрагма под воздействием собственного веса падает вниз и закрывает сечение канала

5. Изоляция систем отопления.

Наибольшую опасность в пожарном отношении представляет собой местное, или печное, отопление, элементы которого сопрягаются с деревянными конструкциями или находятся в их непосредственной близости. Поэтому на изоляцию элементов печного отопления должно быть обращено особое внимание.

Ниже будут рассмотрены важнейшие в противопожарном отношении сопряжения элементов печного отопления (дымохода, печи и

перекидного рукава или патрубка) с деревянными конструкциями (рис.10.)

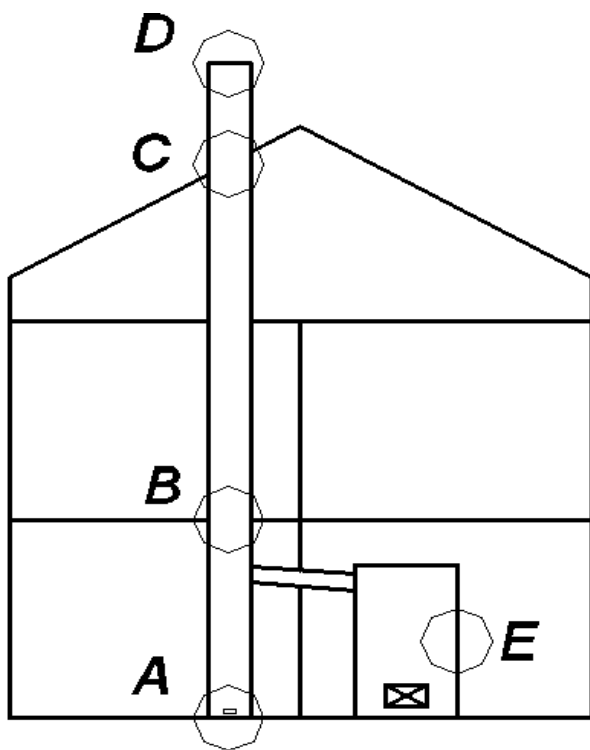


Рис. 10. Узлы сопряжения элементов печного отопления

- A – с деревянным полом первого этажа (в бесподвальной части здания);
- B – с деревянным междуэтажным перекрытием; C – с деревянной крышей;
- D – расположение оголовья дымохода над крышей; E – с деревянной перегородкой или стеной

Сопряжение нижней части дымохода с деревянным полом первого этажа (узел A). Возможные два варианта этого сопряжения (рис.11). Неправильное решение (рис. 11 а), которое иногда встречается на практике, заключается в том, что очистное отверстие и дверцы устроены на уровне чистого пола. В этих случаях во время очистки дымохода от золы последняя вместе с находящимися в ней тлеющими угольками выгребается прямо на пол, что порой служит причиной воспламенения досок. Правильное и надежное решение этого сопряжения

изображено на рис. 11, б: дымоход начинается на 50 см выше уровня чистого пола.

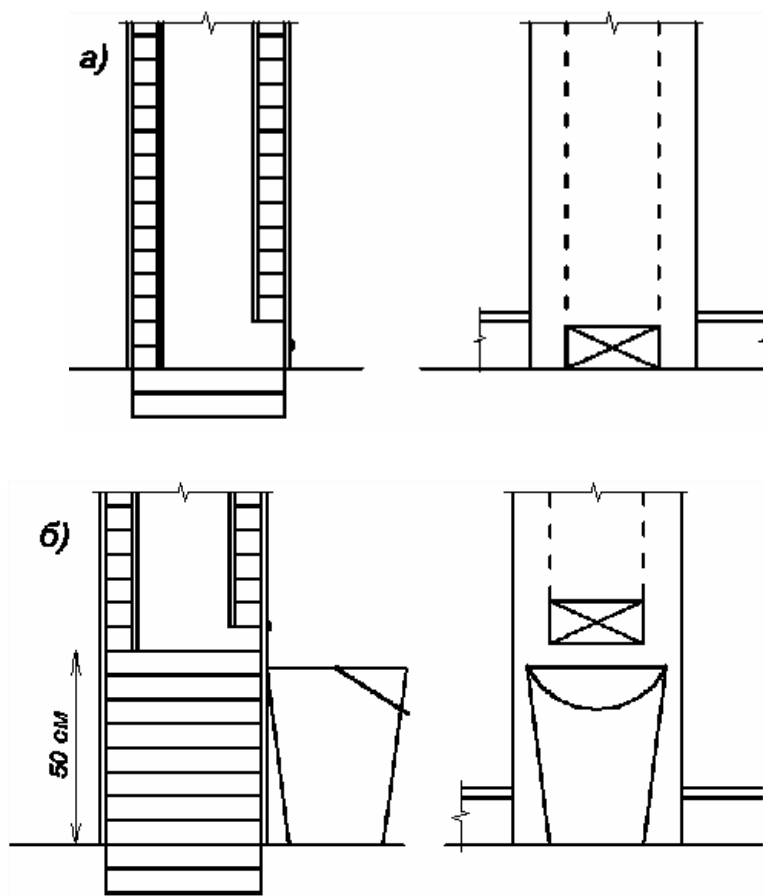


Рис. 11 Узел А. а- неправильное сопряжение; б- правильное сопряжение

При очистке дымохода зола выбрасывается не на пол, а в подставленное под очистное отверстие ведро. Такое решение надежно в пожарном отношении и удобно в эксплуатации.

Сопряжение дымохода с деревянным междуэтажным перекрытием (узел В). Сопряжение дымохода с деревянным междуэтажным перекрытием должно осуществляться следующим образом (рис. 12).

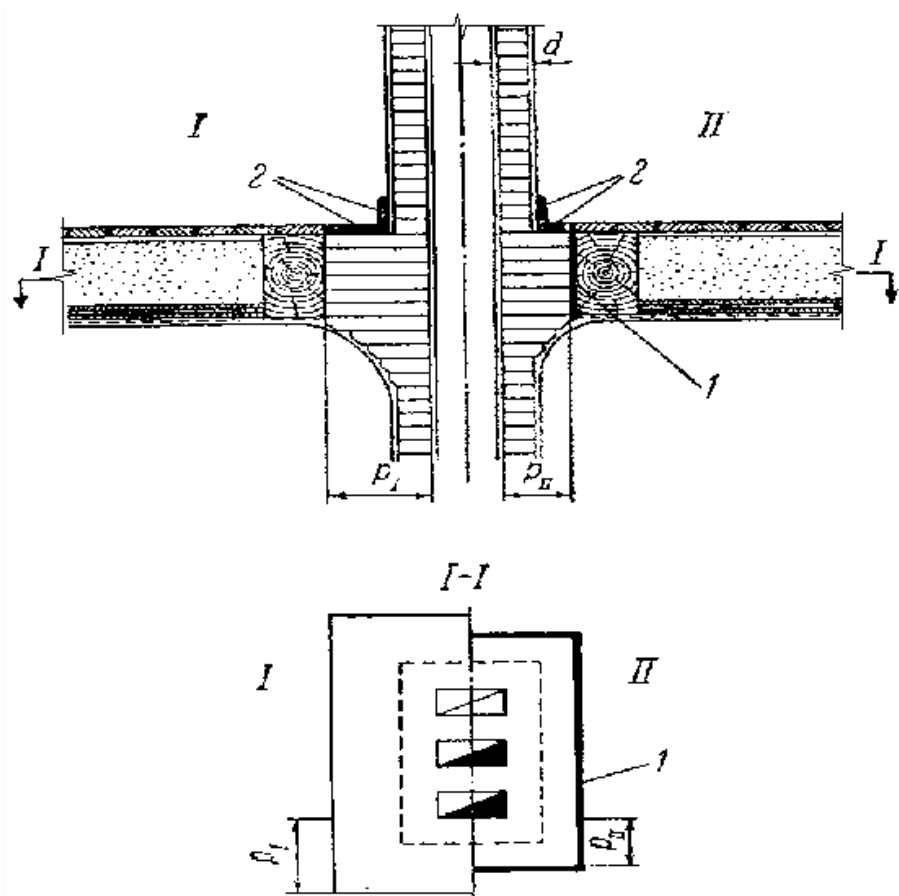


Рис.12. Узел В

1 - изоляция (асбест); 2 – несгораемые чистый пол и плинтусы

Все деревянные перекрытия должны быть отделены от дымохода несгораемыми разными разделками р- утолщениями стенок дымохода в месте примыкания к деревянному перекрытию.

Возможны два варианта разделки: I- без изоляции, II- с изоляцией в виде слоя асбеста. В случае II толщина разделки может быть уменьшена на 1/2 кирпича; при этом оба варианта являются эквивалентными. В зависимости от характера топки (а- обыкновенная топка, продолжительностью 3 час, например, квартирные печи и кухонные плиты; б- усиленная топка продолжительностью более 3 час, напри-

мер, кухонные плиты в предприятиях общественного питания, общежитиях) абсолютная толщина разделки определяется:

$$а) p_I = 38 \text{ см}; \rightarrow p_{II} = 25 \text{ см} + \text{изоляция};$$

$$б) p_I = 51 \text{ см}; \rightarrow p_{II} = 38 \text{ см} + \text{изоляция},$$

считая толщину разделки «от дыма до дерева», т. е. от внутренней поверхности дымохода до деревянных элементов. Около вентиляционных каналов должны устраиваться такие же разделки и такой же толщины, как и для дымовых каналов (дымоходов), так как не редко во время строительства, а еще чаще уже во время эксплуатации, производится перепланировка помещений здания и в связи с этим изменяется назначение каналов. К вентиляционным каналам подсоединяются печи и очаги, т. е. вентиляционные каналы превращаются в дымоходы, а в дымовых каналах, в свою очередь, устраиваются вытяжки (они становятся вентиляционными каналами). Кроме этого, вентиляционные каналы, не имеющие надлежащей изоляции, во время пожара способствуют переброске огня с этажа на этаж.

Минимальная толщина стенок дымохода d назначается в зависимости от характера топки: при обыкновенной топке $d_{min} = 12 \text{ см}$ (1/2 кирпича), а при усиленной топке – по теплотехническому расчету, но не менее 25 см (1 кирпич).

У дымохода в местах его примыкания к деревянным перегородкам или стенам необходимо устраивать вертикальные разделки. В этом случае разделки устраиваются отдельно после возведения дымохода, чтобы устранить растрескивание разделок при неравномерной осадке перегородок и стен. Размеры вертикальных разделок назначаются по тем же принципам и по той же схеме, как и при сопряжении дымохода с деревянным междуэтажным перекрытием.

Сопряжение дымохода с деревянной крышей (узел С). При устройстве этого сопряжения должны быть выполнены следующие конструктивные мероприятия (рис. 13).

Поверхность дымохода в пределах чердака должна быть тщательно оштукатурена и побелена. Это необходимо для плотного заполнения швов кирпичной кладки дымохода и для того, чтобы на оштукатуренной и побеленной поверхности можно было легко заметить возникшие в стенах трещины, опасные в пожарном отношении (через них на чердак могут проникать искры и пламя) и вовремя провести соответствующий ремонт.

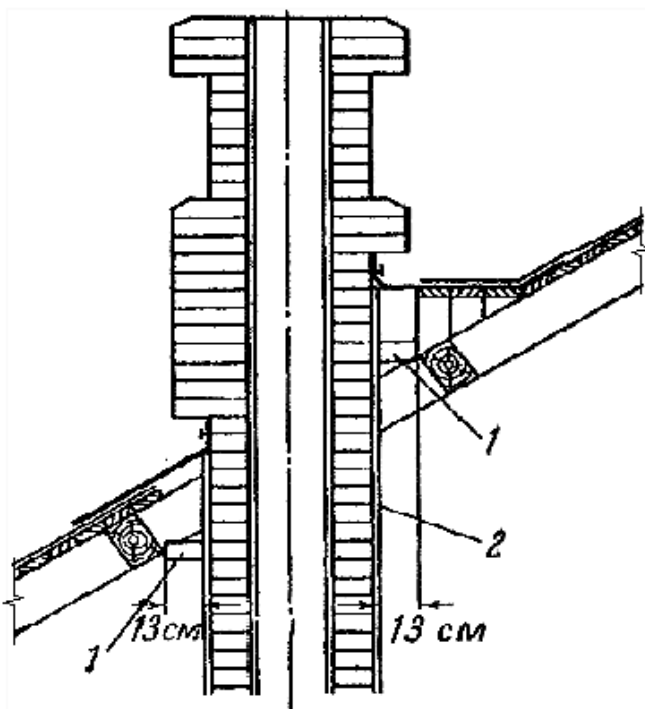


Рис. 13. Узел С.

1-кирпичная распорка, 2 – слой штукатурки на поверхности дымохода

Все деревянные конструкции крыши должны быть удалены от внутренней поверхности дымохода на ширину разделки и при этом отделены от наружной оштукатуренной поверхности дымохода свободным воздушным промежутком, так называемой отступкой шириной не менее 13 см.

Вышеупомянутая отступка должна быть строго фиксирована рамой из стропил и ригелей, которая должна находиться от поверхности дымохода на расстоянии 13 см. Для того, чтобы это расстояние не изменялось под влиянием деформаций крыши или напора ветра в процессе эксплуатации зданий, необходимо устройство распорок в виде отдельных кирпичей, выступающих из стенок дымохода и упирающихся в раму.

Для сопряжения кровли с дымоходом необходимо устройство стального фартука, охватывающего оголовье, который заводится под уступы конструкции; загнутые края фартука под уступы должны прикрепляться к стенке дымохода.

Расположение оголовья дымохода над крышей (Узел D). Расположение оголовья дымохода над крышей определяется его расстоянием от конька; в зависимости от этого расстояния назначается и необходимая высота оголовья, исключающая образование над скатом опасных в пожарном отношении воздушных клиньев и «задувания» труб (рис.14).

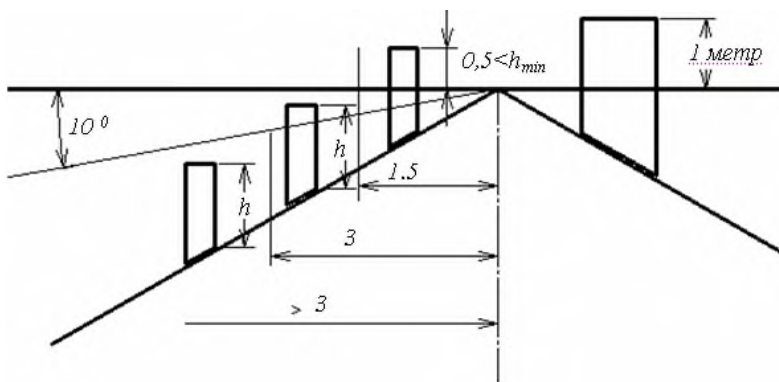


Рис. 14. Узел D

- 1- в зависимости от расстояния от конька (для печного отопления);
- б - независимо от расстояния от конька (для центрального отопления)

Во всех случаях независимо от расстояния до конька высота оголовья над скатом должна быть не менее $h_{min} \geq 0,5$ м, а высота оголовья дымохода центрального отопления должна превышать конек минимум на 1 м.

Оголовья дымоходов над сгораемыми кровлями должны снабжаться искроуловителями (металлическими сетками) с отверстиями размером не более 5 мм.

С точки зрения пожарной профилактики не следует располагать оголовья дымохода вблизи противопожарных стен или стен соседних более высоких зданий, так как при ветреной погоде у такой стены образуется так называемый воздушный клин, т.е. зона уплотненного воздуха, возникающая при напоре ветра на вертикальную плоскость. Под влиянием этого воздушного клина наружный воздух вдавливается в дымоход, вызывая обратное движение дыма, искр и пламени, которые

выталкиваются из топочных отверстий в помещение. Для предотвращения этого оголовье трубы должно быть выведено выше соседней стены.

Сопряжение печи с деревянной перегородкой или стеной (узел Е). Такое сопряжение имеет место, когда одной печью отапливаются два помещения (рис. 15, а). В этом случае к боковым плоскостям печи примыкает деревянная перегородка или стена, которую печь как - бы «перерезывает».

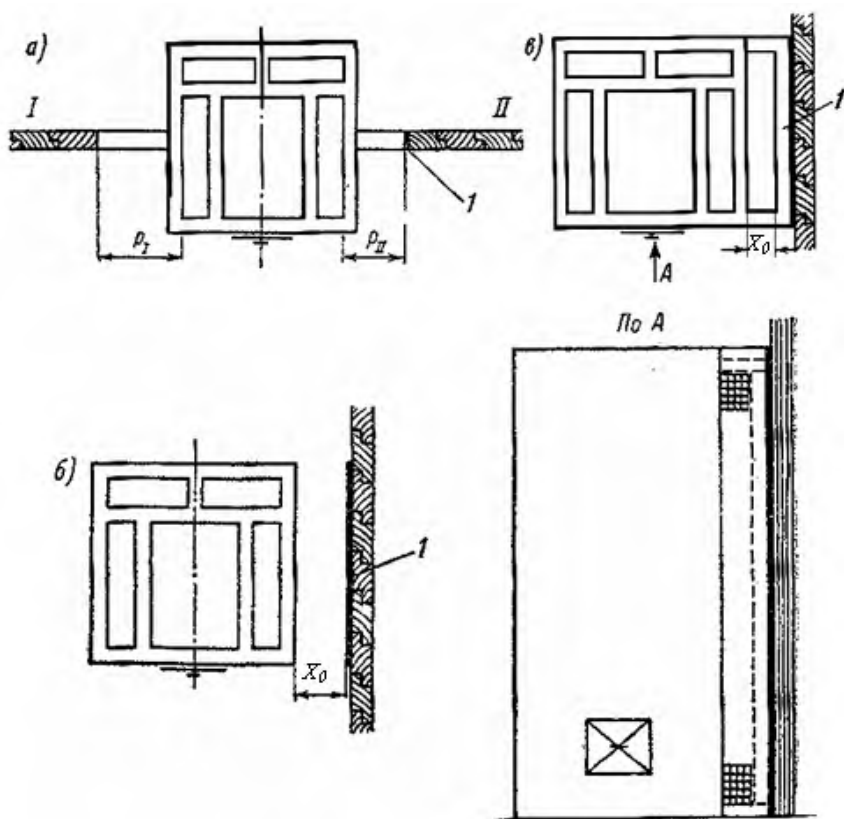


Рис. 15. Узел Е

а – сопряжение печи с деревянной перегородкой или стеной;

б – открытая отступка печи X_0 ; в- закрытая отступка печи X_3 , 1- изоляция

При таких сопряжениях необходимо устройство разделок, толщина которых (p_I или p_{II}) определяется «от дыма до дерева», т. е. от

внутренней поверхности дымового канала печи до деревянной конструкции по той схеме, как и для сопряжения дымохода с деревянным междуэтажным перекрытием.

Воздушные промежутки (отступки) между печью (или дымоходом) и деревянной перегородкой или стенкой могут устраиваться открытыми или закрытыми (рис. 15, б, в). При этом ширина отступки должна быть не менее:

13 см – для квартирных печей и кухонных плит со стенками толщиной 1/2 кирпича при продолжительности топки до 3 час; деревянная перегородка или стена должна быть предварительно защищена (изолирована, 1) слоем известково-гипсовой штукатурки толщиной 25 мм (в открытой отступке) или кирпичной облицовкой в 1/4 кирпича на глиняном растворе (в закрытой отступке);

26 см – для печей и кухонных плит со стенками в 1/2 кирпича при продолжительности топки свыше 3 час; деревянная перегородка или стена также изолируется известково – гипсовой штукатуркой слоем 25 мм (в открытой отступке) или кирпичной облицовкой в 1/2 кирпича на глиняном растворе (в закрытой отступке);

32 см – для печей со стенками толщиной в 1/4 кирпича; отступка допускается только открытая; деревянная перегородка или стена изолируется известково-гипсовой штукатуркой (25 мм);

70 см – для металлических печей с футеровкой; отступка только открытая; изоляция – слой известково – гипсовой штукатурки (25 мм);

100 см – для металлических печей без футеровки; отступка только открытая; изоляция – слой известково – гипсовой штукатурки (25 мм).

Закрытая отступка оформляется так: пол отступки выстилается одним рядом кирпичей, с боков она закрывается кирпичными стенками толщиной 6,5 или 12 см и сверху перекрывается двумя рядами кирпичей. Таким образом, между печью и деревянной перегородкой (или стеной) создается воздушная полость полностью закрытая со всех сторон. Для того, чтобы использовать теплоотдачу той плоскости печи, которая обращена к закрытой отступке, в боковых стенах последней устраиваются внизу и наверху отдушины сечением не менее 150 см², огражденные решетками.

6. Огнезащита деревянных конструкций и их узлов.

Пожарная опасность деревянных конструкций может быть снижена в построечных условиях в результате их огнезащитной обра-

ботки пропиточными и окрасочными составами, а также использования защитных конструктивных мероприятий.

Средства огнезащиты древесины могут быть подразделены на покрытия и пропитки. К покрытиям относятся оштукатуривание, обмазка пастами, окрашивание, наклейка фольги или прибивка тонких листов асбестоцемента.

Оштукатуривание поверхности и облицовка древесины асбестоцементными листами являются одним из надежных способов получения трудногораемых конструкций. В частности, покрытие листами по огнезащитному эффекту не уступает цементной штукатурке. Для обмазок характерен повышенный расход материалов. По условиям эксплуатации обмазки в основном предназначаются для деревянных конструкций, защищенных от непосредственного атмосферного воздействия. Обмазки можно готовить на рабочем месте. Наносят обмазки кистью в два приема с интервалом 12 часов. На 1 м² обрабатываемой поверхности расходуется 1,2-1,5 кг антипирена. Обмазками покрывают деревянные конструкции, не подвергающиеся впоследствии окраске (стропила, обрешетку и т. п.).

Недефицитна и экономична обмазка ИГС на основе известково-гипсового теста, поваренной соли и воды. Поваренная соль добавляется для улучшения адгезии к древесине. Следует, однако, учитывать, что обмазка может корродировать металл. Суперфосфатная обмазка состоит из суперфосфата – 70% и воды – 30%. После замешивания годность ее к употреблению 7 часов. После нанесения обмазки поверхность конструкций приобретает белый цвет. Известен случай сохранения суперфосфатной обмазкой своих огнезащитных свойств в течение 12 лет [8].

Сульфидно-глиняная обмазка имеет состав (в % по весу): сульфитный щелок – 25, глина жирная – 47, фтористый натрий – 3, вода – 25. Щелок измельчают и растворяют в воде, подогретой до 70 °С. Затем в раствор вводят фтористый натрий и тщательно смешивают раствор с глиной. Обработанная такой обмазкой поверхность имеет светло-коричневый цвет.

Для деревянных конструкций разработаны различные составы огнезащитных красок. По основе – связующему огнезащитные краски могут быть силикатными, хлоридными, фосфатными, кремнийорганическими, по эксплуатационным признакам они разделяются на атмосферостойкие, допустимые к применению на открытом воздухе, и применяемые для обработки древесины в закрытых помещениях. При

покрытии конструкций антипиренными красками влажность древесины должна быть не более 20%, а температура воздуха не менее 10°C. Краски наносятся кистью или краскопультом.

Основой силикатных красок служит жидкое стекло. Применяются следующие марки силикатных красок: СК-Г, СК-ХЭМ, СК-Л. Силикатные краски приготавливаются за несколько часов до начала работ. Древесина окрашивается за два приема с сушкой предыдущего слоя 12 часов. Краску СК-ХЭМ наносят в три приема: сначала поверхность грунтуют, а затем окрашивают в два слоя с интервалом 12 часов. Расход красок на 1 м² поверхности составляет 500-600г. Для краски СК-ХЭМ вначале готовят хлорпарафиновую эмульсию и затем добавляют в нее последовательно остальные компоненты (табл. 2)

Таблица 2

Составы силикатных красок.

Компонент	Содержание в % по весу в красках марок			
	СК-Г	СК-ХЭМ		СК-Л
		грунт	краска	
Жидкое натриевое стекло (уд. вес 1,3, модуль ниже 2,7)	37,1	37,1	37,1	54
Мел	37,1	37,1	36,5	-
Глицерин	1,9	1,9	1,9	-
Цинковые белила	1,9	1,9	1,9	-
Сурик железный	-	-	0,6	-
Литопон	-	-	-	39
Асбестовая пыль	-	-	-	7
Вода	22	12	12	-

Состав хлорпарафиновой эмульсии (вес. ч.) : хлорпарафин – 4, каолин – 2, вода – 4.

Хлоридная краска марки ХЛ-К также готовится на рабочем месте. Ее состав (в % по весу): хлористый магний – 42,5, хлористый кальций – 5, окись магнезии – 25, сухой литопон – 20, вода – 7,5. Она пригодна для использования в течение 8 часов. Наносят краску за два раза с интервалом 12 часов. На 1 м² поверхности расходуеться 500 г антипирена. Краска окрашивает древесину в белый цвет. Применяется только в помещениях.

Для деревянных конструкций, эксплуатирующихся на открытом воздухе, применяют краски на основе хлорорганических соединений – ПХВО, ХЛ, ХЛ-СЖ, ХЗМ-СЖ. Краска ПХВО выпускается в готовом виде, наносится в четыре слоя с перерывами по 3 часа. Расход составляет 0,6 кг/м². применяется также модифицированная асбестом краска ПХВО-А с лучшими огнезащитными свойствами. Краска наносится в три слоя с промежутком в 3 часа при норме расхода 0,5 кг/м².

Значительно повышается сопротивление древесины возгоранию пропиткой кремнийорганическими жидкостями ГКЖ-10, ГКЖ-11. Древесина, пропитанная кремнийорганическими полимерами, ГКЖ-10 и ГКЖ-11 не теряет способности к склеиванию, что весьма важно для производства клееных деревянных конструкций [10].

Высокой огнестойкостью обладают деревянные конструкции, пропитанные фенолфталеин-формальдегидным полимером ФФ-40. Совместно с огнезащитным эффектом обеспечивается стабильность формы и размеров элементов конструкций, увеличивается сопротивление загниванию.

На основе результатов проведенных испытаний рекомендовано использовать полимер ФФ-40 для огнезащитной пропитки клефанерных конструкций, подвергаемых одновременно действию атмосферных факторов и грунтовой сырости, например, в клефанерных мостах, инвентарных и передвижных зданиях и т. д. [10].

Для глубокой пропитки древесины рекомендуются следующие составы (масс.%, кроме воды): диаммонийфосфат – 7,5, сульфат аммония – 7,5, фтористый натрий -2 (состав МС 1:1); диаммонийфосфат – 6, сульфат аммония 14, фтористый натрий – 1,5 (состав МС 3:7). Вода для растворения берется в количестве 83 и 78,5 мас.%. Пропитанная этими составами древесина при поглощении чистого антипирена не менее 50-66 кг/м³ относится к трудносгораемым материалам [12].

Составы МС 1:1 и МС 3:7, обладая высоким огнезащитным эффектом, проявляют также свойства антисептиков. Эти и подобные им композиции называют огнебиозащитными. Пропитка составами МС 1:1 и МС 3:7 не изменяет цвета древесины, но снижает ее прочность: при сжатии, скалывании вдоль волокон, поперечном изгибе – на 10, при ударном изгибе – на 40%. Контакт пропитанной древесины с металлом может вызвать его коррозию. Антисептики легко вымываются из древесины поэтому их используют для защиты конструкций, эксплуатируемых в среде с относительной влажностью воздуха не выше 80%, а также в условиях, исключаящих контакт древесины с водой.

Предназначенный для глубокой пропитки препарат ББ-11 содержит, в % содержании буру техническую – 10, борную кислоту – 10, воду 80. Его применяют для огнезащиты древесины при поглощении сухой соли не менее 50 кг/м³. Он хорошо проникает в древесину, не изменяет ее цвета, не препятствует склеиванию и окрашиванию. Кроме того, повышает прочность древесины на сжатие вдоль волокон и поперечный изгиб, но снижает сопротивление ударному изгибу. Обладая свойствами антисептика, он безопасен для людей и животных, допускает контакт пропитанной древесины с металлом. Для предотвращения влияния конденсационной влаги древесину, пропитанную водорастворимыми составами, рекомендуется дополнительно окрашивать.

Разработан огнезащитный препарат ХМХА, включающий компоненты направленного действия: бихромат натрия, сульфат меди и хлорид аммония в соотношении от 1:1:2 до 1:1:12. Препарат высокоэффективен как антипирен и достаточно устойчив к вымыванию. Огнезащитным эффектом обладает препарат МБ-1, включающий мас. %: медный купорос – 2,7, буру – 3,6, углекислый аммоний – 5,3, борную кислоту – 3,4, воду – 85. Его расход при пропитке 60 кг/м³ сухих веществ. Окрашивает древесину в светло-зеленый цвет.

Огнезащитный эффект обеспечивают многие неорганические и органические соединения фосфора. Для пропитки древесины предлагается препарат ТХЭФ, состоящий из трихлорэтилфосфата, растворенного в четыреххлористом углероде в соотношении 2:3. При глубокой пропитке расход этого антипирена 60 кг/м³. Цвет древесины не меняется, прочность не снижается, коррозии металлов не происходит [13].

На основе ТХЭФ Сенежской лабораторией ВНИИДрев разработаны невымываемые препараты ТОХПА и ТЦПСВ.

В препарате ТОХПА основной антисептический компонент – оксидифенил, а гидрофобизирующая добавка – хлорпарафин. Он легко

проникает в древесину, в том числе в труднопропитываемую. Препарат содержит, % по массе: ТХЭФ 10, оксидифенила 3, хлорпарафина 5 и ацетона 82.

Препарат ТЦПСВ содержит, % по массе: ТХЭФ 10, хлорида цинка 4, ОП-7 10, изопропилового спирта 26 и воды 50. Использованием в препарате в качестве растворителя смеси изопропилового спирта и воды в соотношении 1:2 достигается пожаро- и взрывобезопасность препарата во время производства защитных работ, а также значительное снижение его стоимости. Препарат трудно вымывается из древесины, слабо корродирует черные металлы, обладает высокой проникающей способностью. При поглощении 56 кг/м^3 он не вреден и может использоваться для защиты деревянных конструкций сельскохозяйственных зданий. Древесина, пропитанная препаратом ТЦПСВ, сохраняет свои цвет, чистую поверхность, не гигроскопична. Препарат рекомендуется для защиты от биоразрушения и возгорания деревянных элементов конструкций, эксплуатируемых как снаружи, так и внутри помещений.

Древесина, антипирированная солями, во многих случаях пригодна для изготовления клееных изделий, однако на прочность склеивания отрицательно влияют концентраты соли, содержащиеся на поверхности элемента. Для улучшения условий склеивания этот концентрат смывают теплой водой, затем просушивают поверхность. Количество соли на поверхности также определяется методом смывания ее дистиллированной водой, нагретой до 70°C . Оно прямо не связано с количеством соли, содержащейся в объеме древесины.

Для клееных деревянных конструкций чаще бывает выгоднее поверхностная пропитка антипиренми. Она затрудняет распространение пламени по поверхности, облегчает тушение пожара, а в ряде случаев исключает возможность его возникновения. Основными компонентами составов для поверхностной пропитки служат диаммонийфосфат, сульфат аммония (состав МС) или углекислый калий (состав ПП). Их содержание в одном растворе составляет 25 мас.%. для лучшего смачивания поверхности добавляется керосиновый контакт или некаль – 3 мас.%. [12]

Состав МС легко вымывается из древесины, поэтому не рекомендуется для защиты конструкций, эксплуатируемых в среде с относительной влажностью выше 80%. Он не вызывает коррозии металлов, но ухудшает условия склеивания и окрашивания пропитанной древесины. Состав ПП, также как и МС, легко вымывается, но не препят-

ствуется окрашиванию древесины; в отличие от него не обладает биозащитными свойствами. Без дополнительной влагозащиты пропитанная составом ПП древесина может применяться только в сухих помещениях.

Органосиликатные краски (ОС) представляют собой суспензии активированных силикатных и оксидных компонентов в толуольных растворах модифицированных полиорганосилоксанов. Завод изготовитель поставляет их в комплекте с отвердителем - полибутилтитанатом. ОС наносят при нормальных и пониженных температурах на сухую поверхность древесины, образуя матовое покрытие толщиной не менее 250 мкм, обладающее малой водопроницаемостью и теплопроводностью, значительной термо- и морозостойкостью. Оно выдерживает резкие перепады температур: от -60 до $+600^{\circ}\text{C}$, но имеет невысокую механическую прочность и слабую адгезию к древесине. Обладает водозащитным эффектом. Древесина, покрытая красками ОС, относится к категории трудновоспламеняемых материалов.

Перхлорвиниловая эмаль ХВ-5169 рекомендуется для огнезащиты деревянных конструкций, эксплуатируемых на открытом воздухе. Эмаль выпускается в готовом виде, быстро сохнет, наносится на поверхность в несколько приемов с общим расходом $0,6 \text{ кг/м}^2$, имеет прочное сцепление с древесиной, весьма эластична и трещиностойка, обладает хорошими влагозащитными свойствами. Переводит древесину в категорию трудновоспламеняемых материалов.

Поверхностную пропитку можно комбинировать с окрашиванием. Пропиточный состав ПП наносят кистью или краскопультом 2 раза, затем древесину подсушивают. Далее ее покрывают (в несколько слоев с перерывом 3 час) пластифицированным соволом, перхлорвиниловым лаком, представляющим собой раствор перхлорвиниловой смолы в растворителе Р-4 (смесь бутилацетата, ацетона и толуола). Сочетание поверхностной пропитки с полимерным покрытием стабилизирует защитный эффект пропиточного состава и сохраняет декоративные качества древесины. После нанесения пропиточного и защитного составов древесина становится трудновоспламеняемой.

Активной способностью к вспучиванию обладает краска, состоящая из разбавляемой водой порошкообразной смеси, включающей, мас. %: мочевиноформальдегидную смолу - 50,5; моноаммонийфосфат - 15; дициандиамида - 15; ξ -аминокапроновую кислоту (наполнитель) - 7,5; некаль (смачиватель) - 2. Перед применением смесь разводят водой

до малярной консистенции. Состав наносят двумя слоями с общим расходом $0,5 \text{ кг/м}^2$. [12]

Вспучивающееся покрытие ВПМ-2Д представляет собой смесь термостойких и газообразующих наполнителей в водном растворе полимерных связующих. Покрытие негорючее, нетоксичное и влагостойкое. Переводит древесину в группу трудногорючих материалов при расходе сырой смеси около $0,7 \text{ кг/м}^2$. Рекомендуется к применению в закрытых помещениях при относительной влажности воздуха не более 80% и температуре не выше 50°C .

Перспективно использование фосфатных огнезащитных покрытий. Это композиции, твердеющие в результате реакций различных неорганических соединений с фосфатной кислотой или ее производными. Вспучивающееся покрытие ОПФ-9 содержит фосфатное связующее (тексаметафосфат натрия) и наполнители. Огнезащитное действие покрытия основано на термическом разложении смеси мочевины и гидрооксида алюминия. Выделяющиеся при нагревании газообразные вещества вспучивают размягченную керамическую пленку покрытия, создавая теплоизолирующий экран. ОПФ-9 наносят на сухую древесину с расходом $0,4 \text{ кг/м}^2$ сухой массы, оно твердеет в течение 3-6 ч, невлагостойко. Покрытая им древесина относится к категории трудносгораемых материалов.

С учетом вышесказанного, элементы дощатого каркаса в ограждающих конструкциях обязательно подвергаются глубокой пропитке антипиренами, а клееные ребра должны пройти поверхностную обработку огнезащитными составами.

С целью удержания фанерных обшивок, приклеенных к каркасу, в проектном положении рекомендуется дополнительно использовать оцинкованные шурупы.

Для предотвращения выпадения минерального утеплителя в плитах покрытия, защищающего деревянные ребра и верхнюю обшивку от непосредственного воздействия огня, рекомендуется использовать стальные сетки (сетка Рабица или просечно-вытяжная) или полосовую сталь сечением $0,8 \times 25 \text{ мм}$, обработанные огнезащитным составом, которые располагаются между утеплителем и нижней обшивкой панели (рис.16). Стальные полосы устанавливаются с шагом 300-400 мм и крепятся к деревянному каркасу шурупами длиной не менее 70 мм, а место крепления должно быть защищено минераловатным утеплителем. Такое решение позволяет обеспечить предел огнестойкости плит покрытий в пределах $0,4-0,5 \text{ час}$. [2].

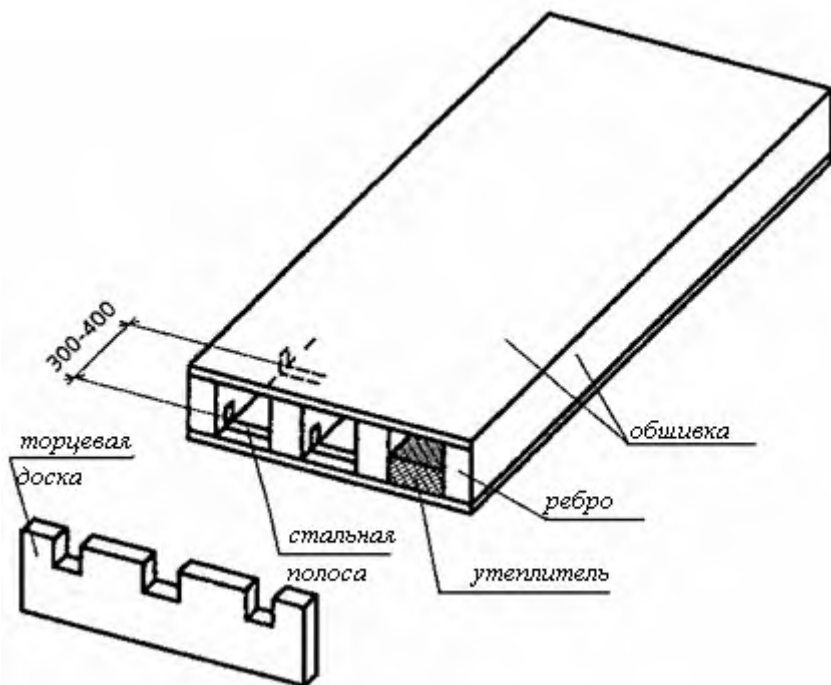


Рис. 16. Расположение стальных полос, удерживающих при пожаре минераловатный утеплитель в проектном положении

Особую опасность в пожарном отношении представляют утепленные ограждающие конструкции, имеющие вентиляционные продухи, способствующие распространению огня по конструкциям. Для уменьшения возможных размеров пожара в зданиях с вентилируемыми ограждающими конструкциями должно быть предусмотрено устройство противопожарных диафрагм из негорючих и трудногорючих материалов. Противопожарные диафрагмы в ограждающих конструкциях устраиваются вдоль и поперек здания (рис. 17), что позволяет разделить покрытие на отдельные отсеки.

Согласно требованиям противопожарных норм [4] площадь таких отсеков не должна превышать 54 м^2 . В продольном направлении здания диафрагма устанавливается вдоль конька, а в поперечном – вдоль несущих конструкций покрытия с шагом не более 6 м [5]. Конструкция продольной диафрагмы (рис. 18, а) выполняется с приме-

нием досок, подвергнутых глубокой пропитке антипиренам, асбесто-цементных, цементно-стружечных или гипсоволокнистых листов.

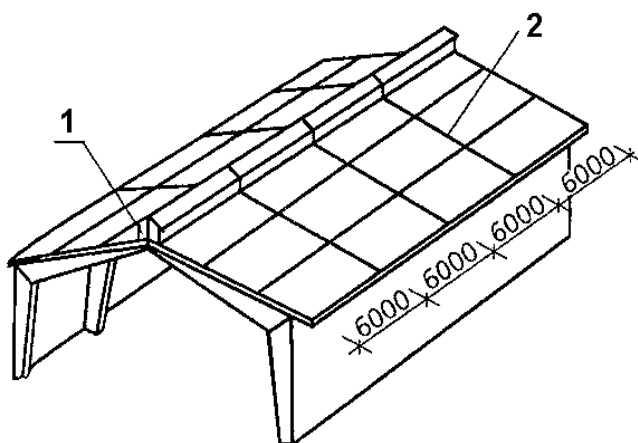


Рис. 17. Устройство противопожарных диафрагм в деревянных кровельных покрытиях здания: 1- продольная диафрагма; 2 – поперечная диафрагма отступка печи Хз, 1- изоляция

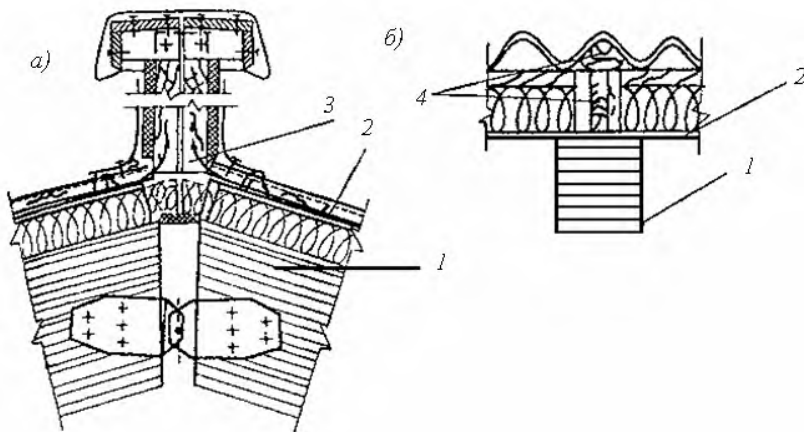


Рис. 18. Конструкция противопожарных диафрагм:
а – продольных, б – поперечных, 1 – несущая конструкция покрытия, 2 – ограждающая конструкция, 3 – продольная противопожарная диафрагма, 4 – поперечная противопожарная диафрагма

Поперечные противопожарные диафрагмы выполняются в стыках ограждающих конструкций с применением минеральной ваты (рис. 18, б). Для облегчения устройства противопожарных диафрагм рекомендуется применять ограждающие конструкции, позволяющие организовать вентиляцию в поперечном направлении здания.

Конструктивное решение плит покрытий размерами 1,5х6 м, снижающее их пожарную опасность, было разработано ЦНИИЭП зрелищных зданий и спортивных сооружений, а затем использовано при строительстве крытого катка в г. Архангельске. Продольные ребра несущего каркаса плиты (рис. 19) сечением 210х75 мм были склеены из досок толщиной 34 мм и обработаны огнезащитным покрытием ОПФ-9 на фосфатной основе. В качестве утеплителя применялись минерало-

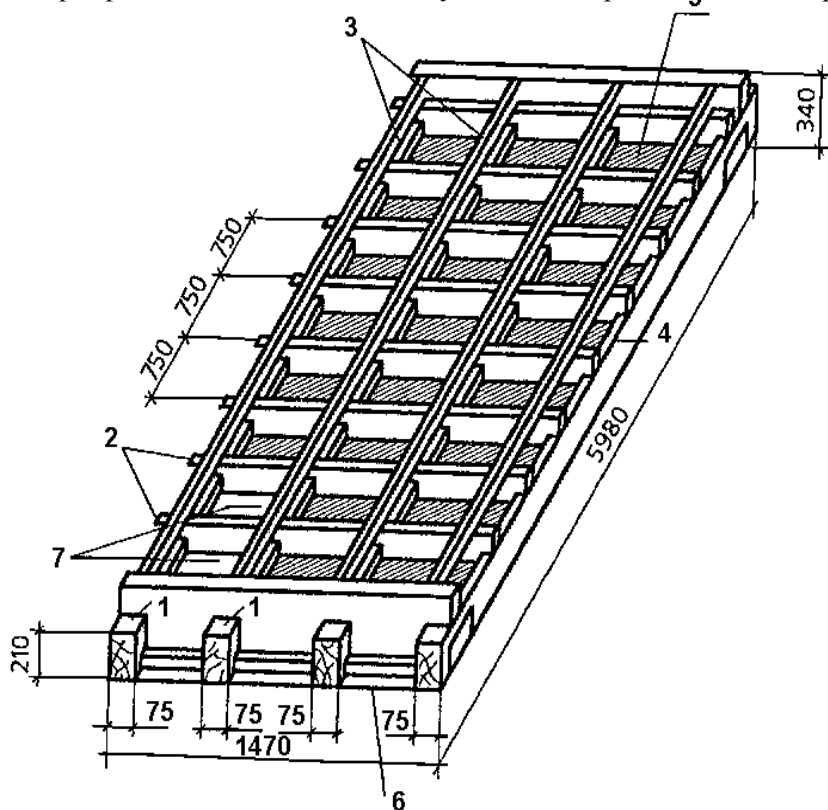


Рис. 19. Плита покрытия, разработанная ЦНИИЭП зрелищных зданий и спортивных сооружений: 1 – продольные ребра, 2 – поперечные ребра, 3 – обрешетка, 4 – продух, 5 – утеплитель, 6 – нижняя обшивка, 7 – стальные полосы

ватные плиты толщиной 100-200 мм, уложенные между продольными ребрами. Между нижней обшивкой и утеплителем находились стальные полосы, прикрепленные к продольным ребрам и удерживающие утеплитель в проектном положении.

Нижняя обшивка была выполнена из асбестоцементноперлитовых листов, а верхняя из стали. Поперечные ребра в плите, опирающиеся на продольные, позволяли организовать поперечное проветривание конструкции, торцы которой были закрыты глухими диафрагмами. Огневые испытания таких плит, проведенные во ВНИИПО, показали, что конструкция сохраняет свою несущую способность во время пожара в течении 0,75 час [2]

Клеефанерные балки, наиболее опасные в пожарном отношении, можно защищать минераловатными плитами толщиной 50 мм (рис.20),

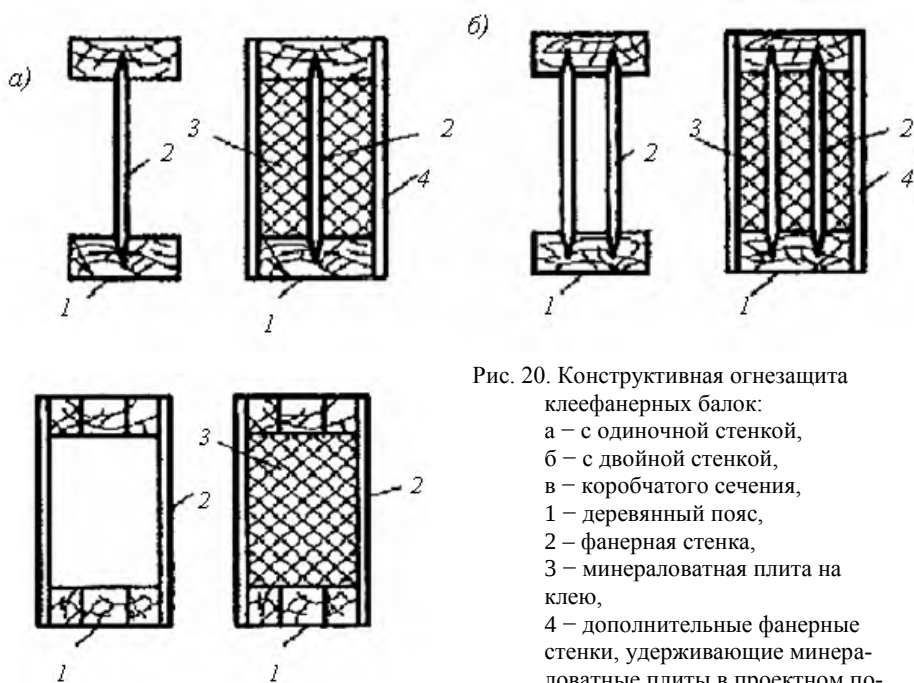


Рис. 20. Конструктивная огнезащита клефанерных балок:
а – с одиночной стенкой,
б – с двойной стенкой,
в – коробчатого сечения,
1 – деревянный пояс,
2 – фанерная стенка,
3 – минераловатная плита на клею,
4 – дополнительные фанерные стенки, удерживающие минераловатные плиты в проектном положении

удерживаемыми в рабочем положении дополнительными слоями фанеры [5]. Такая защита позволяет увеличить предел огнестойкости кле-ефанерных балок до 0,4 час. Если позволяют условия эксплуатации внутренних помещений здания, более эффективной защитой клееных и клеефанерных балок может служить подвесной потолок, выполненный из негорюемых или трудно сгораемых материалов (рис.21). Применение подвесного потолка также эффективно и для огнезащиты металло-деревянных ферм.

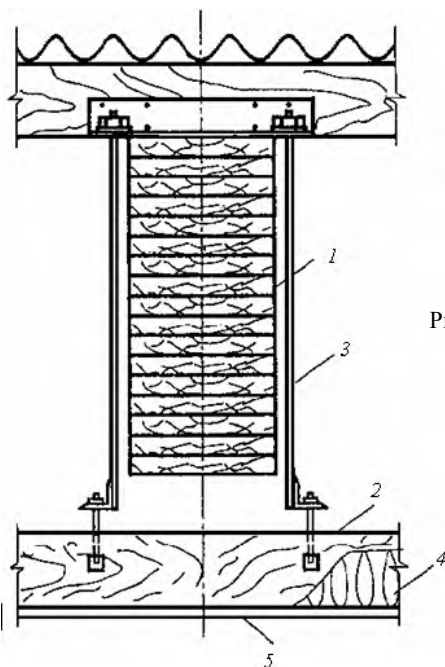


Рис. 21. Устройство подвесного потолка:

- 1- деревянная балка,
- 2- плита подвесного потолка,
- 3-хомут (подвеска),
- 4 – утеплитель, 5 –подшивка

В случае, если условия технологических процессов исключают применение подвесного потолка, деревянные и стальные элементы фермы, а также ее узлы необходимо подвергнуть обработке огнезащитными составами. Несущая способность узлов дощатоклееных рам и арок может быть увеличена за счет применения защитных накладок из трудносгораемых или негорюемых материалов (рис. 22, а). Такие накладки, защищающие от непосредственного воздействия огня на стальные детали, могут выполняться из досок толщиной 33-35 мм, подвергнутых глубокой пропитке антипиренами, и гипсоволокнистых листов, которые крепятся к деревянным элементам гвоздевым забоем.

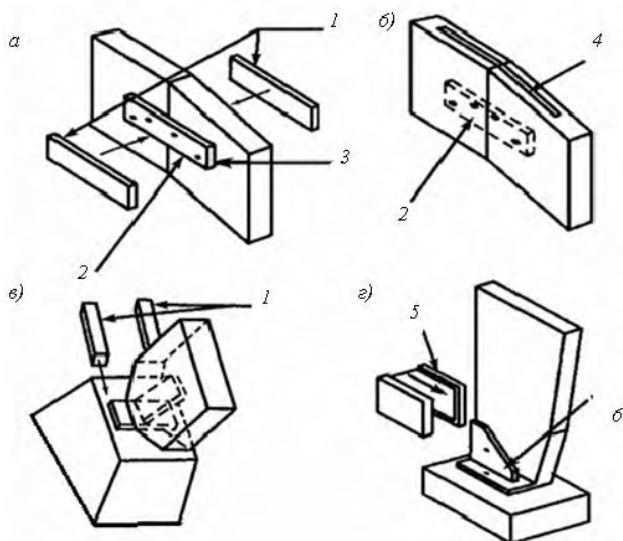


Рис. 22. Конструктивная огнезащита узлов клееных деревянных конструкций:
а, б – конькового узла, в – опорного узла арки,
г – опорного узла рамы; 1 – защитные накладки; 2 – стальная накладка;
3- прокладка; 4 – прорезы; 5- защитный чехол; 6 – стальной башмак

Для предотвращения интенсивного обугливания древесины под стальными соединительными элементами, в узлах между стальной пластинкой и древесиной, можно использовать прокладки из трудносгораемых и несгораемых материалов. Если в узлах используются соединительные элементы в виде накладок из цельной или клееной древесины, они должны быть подвергнуты огнезащитной обработке.

Защита опорных и конькового узлов в распорных конструкциях выполняется с помощью огнезащитных чехлов (рис.22, в, г). Используя зарубежный опыт огнезащиты узлов в деревянных конструкциях, рекомендуется устанавливать стальные элементы узлов в шлицах деревянных элементов (рис.22, б). Однако, такой способ защиты усложняет изготовление конструкции за счет повышения требований к точности при сверлении отверстий под нагели и выполнении шлица, а также уменьшает размеры расчетного сечения деревянного элемента в зоне узла, что способствует снижению несущей способности нагельного соединения.

Стальные затяжки в распорных конструкциях, которые могут подвергаться непосредственному воздействию температуры при пожаре, также должны быть обработаны огнезащитными составами.

Для повышения предела огнестойкости армированных конструкций и соединений с применением стальных стержней, вклеенных в древесину, необходимо, по возможности, исключить применение таких соединений с открытыми металлическими деталями. Если такие детали существуют, необходимо предусматривать их конструктивную защиту или обработку огнезащитными составами. Термостойкость клеев, применяемых при изготовлении ДКК, может быть повышена за счет введения в их состав различных добавок типа: асбеста, тиксола, вибромолотого песка, а для увеличения термостойкости клеев на эпоксидной основе возможна модификация эпоксидной смолы кремнеорганическими соединениями.

При разработке мероприятий, направленных на снижение пожарной опасности деревянных конструкций, необходимо обращать внимание огнезащите связей, обеспечивающих устойчивость как отдельных несущих конструкций и их элементов, так и пространственную жесткость всего здания. Элементы связей в зданиях с применением деревянных конструкций могут выполняться из клееной и цельной древесины, а также из фасонной стали. Деревянные элементы связей подвергаются глубокой пропитке антипиренами или поверхностной обработке огнезащитными составами. Стальные элементы связей, а также узлы крепления деревянных и стальных элементов связей должны быть защищены от непосредственного воздействия на них температуры при пожаре.

При пересечении несущих ДКК покрытия внутренних несущих каменных стен или перегородок, разделяющих помещения с одинаковым температурно-влажностным режимом, а также наружных каменных стен в неотапливаемых зданиях предусматривается устройство зазоров для проветривания шириной 30-60 мм (рис.23). В целях обеспечения требований пожарной безопасности разрешается закрывать эти зазоры минеральной ватой или другими биостойкими материалами с обязательной био- и влагозащитой поверхностей деревянной конструкции, находящихся в толще стены или перегородки. Места, заполненные минеральной ватой, закрываются нащельником из негорючих или трудно сгораемых листовых материалов.

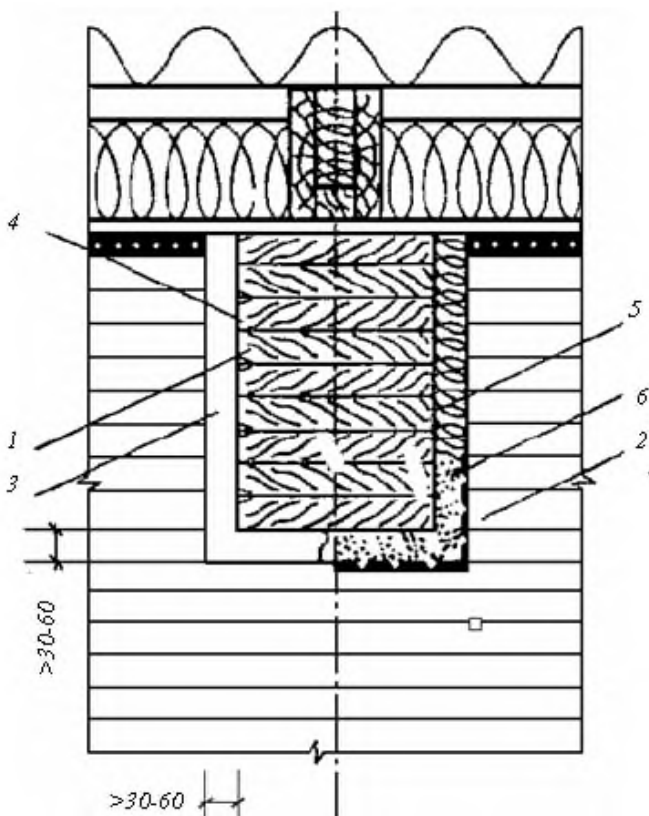


Рис. 23. Огнезащита в местах пересечения несущей ДКК с каменной стеной или перегородкой: 1- несущая ДКК, 2- стена или перегородка, 3- воздушный зазор, 4- влагозащитная обработка или гидроизоляция; 5- минеральная вата, 6- нащельник.

Список используемой литературы.

1. Крейшман К.К. Защита деревянных конструкций от гниения, древоточцев и огня. – Ленинград, 1967.
2. Мосалков И.Л., Плюснина Г.Ф., Фролов А.Ю. Огнестойкость строительных конструкций. – М., ЗАО Спецтехника, 2001.
3. Романенков И.Г., Зигерн-Корн В.Н. Огнестойкость строительных конструкций из эффективных материалов. – М.: Стройиздат, 1984.
4. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
5. Руководство по обеспечению долговечности деревянных клееных конструкций при воздействии на них микроклимата зданий различного назначения и атмосферных факторов // ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1981.
6. Хрулев В.М., Рыков Р.И. Огнестойкость конструкций из дерева и пластмасс. – Иркутск: Восточно- Сибирское изд., 1974.
7. Кирпиченков Г.М., Романенков И.Г. Оценка огнестойкости изгибаемых деревянных элементов // Изд. Вузов. Строительство и архитектура, 1979. – №3.
8. Хрулев В.М., Рыков Р.И. Защита клееных конструкций от возгорания. Восточно – Сибирское изд., 1972.
9. Хрулев В.М. Деревянные конструкции и детали: Справочник. – М.: Стройиздат, 1995.
10. Хрулев В.М. Применение полимерных пропиточных составов для защиты древесины от возгорания. // Огнестойкость деревянных конструкций: доклады финских и советских специалистов на симпозиуме в Тбилиси 29.9 – 4.10.1980. – ESPOO 1980.
11. Дмитриев П.А. Заварыкин Н.М. Огнестойкость деревянных элементов на стальных цилиндрических нагелях. // Изв. Вузов. Строительство и архитектура. – Новосибирск, 1988. – №6.
12. Мартынов К.Я. Комплексная защита древесины в строительных изделиях и конструкциях. - Новосибирск: НГАСУ, 1998.
13. Покровская Е. Н., Недошивин Ю.Н., Никифорова Т.П. Огнезащитное действие некоторых фосфоросодержащих соединений: Химия древесины. – Рига. – 1984. – №3. – С. 99 –102.

